



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

EFFECTO DE *Saccharomyces cerevisiae* EN LA CALIDAD DE LA LECHE OVINA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO

SARA STEFANIE HERNÁNDEZ VARGAS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

La presente tesis titulada: **Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en la calidad de la leche ovina en un sistema de producción orgánico**, realizada por la alumna: **Sara Stefanie Hernández Vargas** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESOR

DR. RICARDO BÁRCENA GAMA

ASESORA

DRA. LEONOR MIRANDA JIMÉNEZ

ASESOR

DR. GILBERTO ARANDA OSORIO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2018.

EFFECTO DE *Saccharomyces cerevisiae* EN LA CALIDAD DE LA LECHE OVINA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO

Sara Stefanie Hernández Vargas, MC.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

La suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) es una estrategia para modificar el perfil graso en carne y leche de rumiantes; no obstante, son pocos los trabajos llevados a cabo en producción de leche ovina y más aún en producción orgánica. Se evaluó el efecto de suplementar niveles crecientes de Sc en la composición química y perfil de ácidos grasos de la leche de ovejas en un sistema de producción orgánico. Se utilizaron cuarenta ovejas East Friesian x Pelibuey con 2 a 4 partos, en primer tercio de lactancia, asignadas de manera aleatoria a cuatro tratamientos con 0, 3, 6, y 9 g de Sc animal⁻¹ d⁻¹. Las ovejas permanecieron en pastoreo y suplementadas con un concentrado. La administración de la levadura se llevó a cabo al momento del ordeño (13:00 h) durante 45 días, en los cuales se establecieron los periodos de muestreo de leche: 1) del día 3 al 5, 2) del día 23 al 25 y 3) del día 43 al 45. Se evaluó la producción, composición química (grasa, proteína, sólidos totales, caseína, lactosa, acidez, ácido cítrico, sólidos no grasos y densidad) y perfil de ácidos grasos (AG) de la leche. Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas. Sc no afectó ($P > 0.05$) la producción, ni la composición química de la leche; solamente se observó incremento ($P < 0.05$) del ácido cítrico con la adición de 9 g de Sc (± 0.12 %). Asimismo, la concentración de AG saturados como el cáprico, undecanoico, miristoleico, palmitoleico, heptadecanoico se incrementó ($P < 0.05$) con la suplementación de Sc. También incrementaron AG insaturados como oleico y DHA con 6 (4.39 %) y 9 g (2.66 %) de Sc. Los resultados de la presente investigación sugieren que el aporte de 6 g animal⁻¹ d⁻¹ de Sc en ovejas lecheras mantenidas en sistema orgánico incrementa el aporte de ácido oleico y docosahexaenoico (DHA) como punto de mejora en la calidad del producto.

Palabras clave: *Saccharomyces cerevisiae*, leche ovina, perfil de ácidos grasos, producción orgánica.

EFFECT OF *Saccharomyces cerevisiae* ON THE QUALITY OF OVINE MILK IN AN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

Sara Stefanie Hernández Vargas, MC
Colegio de Postgraduados 2018

ABSTRACT

Supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) is a strategy to modify the fatty profile in ruminant meat and milk; however, there are few works carried out in ovine milk production and even more in organic productions. The objective of this study was to evaluate the effect of supplementing with increased levels of Sc in the chemical composition and fatty acid profile of sheep milk in an organic production system. Forty ewes East Friesian x Pelibuey with 2 to 4 calvings were used, in first third of lactation, allocated in a random way to four treatments with 0, 3, 6, and 9 g of Sc animal⁻¹ d⁻¹. The sheep remained grazing and supplemented with a concentrate. The yeast administration was carried out at the milking time (13:00 h) during 45 days during which the milk sampling periods were established: 1) from day 3 to 5, 2) from day 23 to 25 and 3) from day 43 to 45. Milk production, chemical composition (fat, protein, total solids, casein, lactose, acidity, citric acid, non-fatty solids and density) and fatty acid (FA) profile of milk were measured. A completely randomized design was used with repeated measurements. Sc did not affect ($P > 0.05$) milk production and chemical composition; only increased ($P < 0.05$) citric acid concentration with the addition of 9 g ($\pm 0.12\%$). Also, concentration of saturated FA such as caprylic, undecanoic, miristoleico, palmitoleic, heptadecanoico increased ($P < 0.05$) with the supplementation of Sc. There were also increased of unsaturated FA as oleic and docosahexaenoic (DHA) by supplementation with 6 (4.39 %) and 9 g (2.66 %) de Sc. The results of this research suggest that the supplementation of 6 g animal⁻¹ d⁻¹ in dairy ewes maintained in the organic system increases the concentration of oleic acid and DHA as a point of improvement in the quality of the product.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, milk sheep, fatty acid, organic production.

AGRADECIMIENTOS

Al terminar el presente trabajo me gustaría expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de una manera u otra a la realización del mismo. En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor de tesis. Quiero agradecer al Dr. David Hernández Sánchez por su continuo apoyo, sus acertadas orientaciones, su paciencia y todo lo que he aprendido.

De igual manera, muchas gracias a la Ing Margarita por mostrarte siempre dispuesta a ayudar, por tu apoyo personal en los momentos claves, por las risas, los momentos de estrés.

También quiero agradecer al Ing. Javier y a la MVZ Diana, por su apoyo en mi estancia en el Rancho Santamarina para poder llevar a cabo este proyecto de investigación.

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca para el financiamiento de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por darme la oportunidad de formar parte de un excelente ambiente académico.

Para terminar, los agradecimientos más importantes a mi familia, en especial a mis padres Antonia y Oliverio, a Adán y a Hector, por haber estado siempre junto a mí, por su preocupación, cariño infinito, por inculcarme que todas las cosas con esfuerzo se consiguen y que rendirse a la primera no sirve de nada y que me han ayudado a ser lo que hoy soy.

Muchas gracias a todos.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	4
III. HIPÓTESIS	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
1.1 Ovinocultura: situación nacional e internacional.....	6
1.2 Principales razas ovinas explotadas en el mundo.....	7
1.2.1 Razas especializadas en producción lechera	8
2 Producción ovina.....	9
2.1 Sistemas de producción.....	10
2.2 Producción orgánica	11
3. Alimentación.....	13
3.1 Efecto de la alimentación en la expresión de genes	14
3.2 Levaduras como aditivo alimenticio	15
4. Leche ovina.....	16
4.1 Grasa láctea.....	17
4.2 Metabolismo de lípidos en rumen	20
4.2.1 Lipólisis y biohidrogenación ruminal	20
4.2.2 Síntesis microbiana de ácidos grasos.....	22
4.2.3 Incorporación de la grasa en la leche	24

4.2.4 Síntesis endógena (glándula mamaria)	24
4.2.5 Desaturación.....	26
4.2.6 Secreción de la grasa en la glándula mamaria	28
5. Características de leche ovina	29
5.1 Industrialización de la leche.....	33
5.2 Aspectos higiénico-sanitarios	34
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
1. Manejo de animales	36
1.2 Tratamientos experimentales	37
1.2.1 Toma de la muestra	38
1.3 Análisis químicos	38
1.3.1 Leche	38
1.3.2 Alimento, forraje y levadura	39
1.3.3 Obtención de resultados	41
1.4 Diseño experimental	42
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES.....	62
IX. LITERATURA CITADA.....	63
ANEXOS	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Origen de razas ovinas lecheras.....	8
Cuadro 2. Razas ovinas y sus niveles de producción.....	9
Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos (g 100 g ⁻¹ de ácidos grasos) en forrajes, concentrados y aceites.....	13
Cuadro 4. Contenido de grasa total, ácidos grasos saturados, mono insaturados y poliinsaturados en leche de diferentes especies (g 100 g ⁻¹)	19
Cuadro 5. Propiedades físicas de la leche de diferentes especies.....	29
Cuadro 6. Composición promedio de leche en diferentes especies.....	32
Cuadro 7. Minerales que provee un litro de leche en relación a los requerimientos humanos (mg d ⁻¹)	33
Cuadro 8. Tratamientos.....	37
Cuadro 9. Composición química de los componentes de la dieta ofrecida a ovejas en el primer tercio de producción láctea.....	39
Cuadro 10. Producción de leche de ovejas (mL d ⁻¹) suplementadas con diferentes niveles de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en un sistema de producción orgánico.....	44
Cuadro 11. Porcentaje (%) de grasa, proteína, sólidos totales y lactosa en leche de ovejas suplementada con diferentes niveles de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en un sistema de producción orgánico.....	46

Cuadro 12. Contenido de sólidos no grasos, ácido cítrico, caseína, acidez y densidad de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico.....49

Cuadro 13. Perfil de ácidos grasos saturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico.....52

Cuadro 14. Perfil de ácidos grasos insaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico.....56

Cuadro 15. Contrastes ortogonales para los ácidos grasos oleico, DHA y otros ácidos grasos insaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico.....57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Condiciones para considerarse una producción orgánica12

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una tendencia internacional orientada a la mejora en la calidad de los productos alimenticios, buscando que sean benéficos para la salud humana, entre los que se incluyen los denominados alimentos funcionales (Mierlita, 2015). El consumo de leche y derivados lácteos podría dar lugar a una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y metabólicas, ya que su grasa contiene, de forma natural, componentes bioactivos como son los ácidos grasos (AG) poliinsaturados omega-3, los AG ramificados o el butirato. Se ha demostrado que estos AG tienen un efecto anticancerígeno (Salter, 2013), a ello se suma su actividad antiarteriosclerótica, antidiabética, reductora de la grasa corporal e inmunomoduladora (Toral *et al.*, 2015), lo cual justifican el gran interés por aumentar su concentración en la leche (Lestingi *et al.*, 2015). En este sentido, la modificación en la composición de la grasa sintetizada en tejidos de rumiantes a través de la nutrición es posible (Oliveira *et al.*, 2016), por esta razón se han llevado a cabo la implementación de estrategias de alimentación (Bessa *et al.*, 2015), que resulta limitada por el ecosistema microbiano ruminal que isomeriza e hidrogena los ácidos grasos insaturados de la dieta y por mecanismos moleculares que controlan la composición de los ácidos grasos en los tejidos (Mazzucco *et al.*, 2016), tal como los cambios en los niveles de expresión de genes relacionados con el metabolismo de los ácidos grasos (Bernard *et al.*, 2012). La síntesis endógena de ácidos grasos insaturados como cis9, trans11, Ácido Linoleico conjugado (CLA) es catalizada por la enzima esteroil-CoA desaturasa -SCD- (Castro *et al.*, 2015), a partir de sustratos originados por la biohidrogenación ruminal, como el ácido esteárico y el ácido trans-

vaccénico (Castillo *et al.*, 2013; Bessa *et al.*, 2015), y que a su vez su síntesis está en función de la estabilidad del ecosistema ruminal (Carreño *et al.*, 2016).

Los alimentos y suplementos ejercen efectos cualitativos y cuantitativos en los animales y como consecuencia en la calidad de sus productos, siendo la dieta el factor de variación más importante del contenido y composición de la grasa en leche (Calvo *et al.*, 2017). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) es un probiótico con capacidad de estabilización del pH ruminal, además aporta vitaminas y ácidos orgánicos, en especial málico para la población microbiana del rumen, mejora el aprovechamiento de lípidos en el alimento ingerido e incrementa la producción de – ácidos grasos volátiles –AGV´s- (Bayat *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2016). Devries y Chevaux (2014) señalan que Sc crea condiciones favorables en el rumen para las bacterias celulolíticas, siendo las responsables de isomerizar y biohidrogenar los ácidos grasos insaturados de la dieta, teniendo un efecto directo en los niveles de expresión de la enzima SCD (Rodríguez *et al.*, 2017). En este sentido, se ha demostrado el efecto inhibitorio de los ácidos grasos polinsaturados en la actividad de la enzima SCD incrementando las concentraciones de α -C18:3 e isómeros C18:1 trans en leche (Castillo *et al.*, 2015). El perfil lipídico de la grasa de los rumiantes es el resultado de la compleja interacción existente entre los nutrientes el metabolismo ruminal y mamario (Cruz *et al.*, 2017).

La industria de leche ovina en México está cobrando importancia, en especial para la elaboración de quesos y sólo algunos ranchos ubicados en Querétaro, Puebla y Estado de México son reconocidos en esta actividad (Ángeles *et al.*, 2014). La leche ovina se caracteriza por tener alto porcentaje de ácidos grasos saturados, su

contenido en ácidos grasos insaturados es inferior al de la leche de vaca y el porcentaje de ácido oleico varía entre 11 y 30 %; sin embargo, el contenido de linoleico y linolénico es ligeramente superior en la leche ovina - >10 mg g⁻¹ AG- (Toral *et. al.*, 2015).

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* adicionado en la dieta y su respuesta en la producción, composición química y perfil de ácidos grasos insaturados de la leche de ovejas en un sistema de producción orgánico.

III. HIPÓTESIS

La adición de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta para ovejas lactantes, en un sistema de producción orgánico, mejora la producción, composición química e incrementa la concentración de ácidos grasos insaturados en leche.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

La alternativa de establecer sistemas de producción de leche ovina con razas especializadas tiene la ventaja mejorar la producción por animal, desde las etapas iniciales del sistema. Actualmente se conoce que la carne y leche de rumiantes mantenidos en condición de pastoreo permanente, particularmente la que proviene de ovinos y caprinos, son ricas en ácido linoleico conjugado (CLA), ácido graso representado por un grupo de isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico, que cumple una serie de funciones benéficas para la salud humana, como el de ser un potente agente anticancerígeno, previene algunas enfermedades cardiovasculares, diabetes, mejora la composición corporal, aumentando la deposición de masa muscular en desmedro de la deposición de grasa, mejora el sistema inmune y la función ósea (Schmid *et al.*, 2006; Patiño *et al.*, 2017).

1.1 Ovinocultura: situación nacional e internacional

Actualmente, más de la mitad de la población ovina del mundo se encuentra en países del Mediterráneo, con un total de 243'591,720 cabezas (FAOSTAT, 2014), países como China, Republica Árabe Siria, República Islámica de Irán, Turquía y Argelia presentan mayor población de razas lecheras; la producción de leche asciende a 10'429,155 ton (FAOSTAT, 2014). Sin embargo, los países que presentan mayor producción son China, Turquía y Grecia. Pero también es importante considerar otros países como Inglaterra, Holanda y Alemania que son cuna de importantes razas ovinas lecheras.

En México la producción ovina está enfocada principalmente a la producción de carne y se consume preferentemente en barbacoa, platillo popular en los Estados de Hidalgo, Tlaxcala, México y Ciudad de México, principalmente (Partida *et al.*, 2013). La producción de leche ovina es una actividad poco conocida y carece de tradición productiva, por lo que los productores existentes en nuestro país se han basado en modelos de producción europea. Como son pocos los que se dedican a este ramo, no se cuenta con datos estadísticos significativos para determinar su valor en el PIB agropecuario (Trejo, 2009).

1.2 Principales razas ovinas explotadas en el mundo

En el mundo se tiene registros de la existencia de más de 800 razas de ovinos (FAO, 2015), pero en México AMCO (2015) reporta como principales razas explotadas: Rambouillet, Dorset, Hampshire, Suffolk, Katahdin, Pelibuey, Black Belly, Saint Croix y Dorper. Otras, con poblaciones menores son la Romanov, Texel, Charollais, East Friesian, Lle de France y Damara. Además, en pequeños grupos también se pueden encontrar razas como la Polypay, Columbia y el ovino criollo común (Arteaga, 2012). Algunos productores han introducido al país razas de ovinos con un propósito en específico como es el caso de ovejas productoras de leche; estos casos son muy específicos y no se tienen registros exactos, se desconoce su distribución y su trascendencia (Partida *et al.*, 2013). Debido a esta diversidad se pueden observar algunas diferencias en estructura corporal aún dentro de la misma raza, sobre todo en tamaño y peso. Cabe destacar que en la última década ha cambiado la composición genética del rebaño nacional, con una acentuada participación de los ovinos de pelo, mismos que representan el 80 % de los ovinos

que se registran en el país (AMCO, 2013). La identificación de la raza es un factor fundamental y determinante en la calidad del producto final.

1.2.1 Razas especializadas en producción lechera

Es difícil hacer una comparación estricta de productividad en distintas razas, ya que la manifestación de sus potenciales está determinada por diferentes condiciones de producción en que se realizan las mediciones, las que enmascaran evaluaciones objetivas, exclusivas de la capacidad genética (Mueller, 2017). Por otra parte, en diferentes países son empleados distintos criterios de evaluación de la productividad lechera de las ovejas (Suárez *et al.*, 2017). Las razas ovinas especializadas en la producción de leche se han formado principalmente en Europa e Israel (Pacsi y Jairo, 2017). Estas ovejas poseen una ubre más desarrollada, siendo su producción por lactancia muy superior a otras razas. En el Cuadro 1 se presentan las razas más conocidas y sus orígenes (FEAGAS, 2012).

Cuadro 1. Origen de razas ovinas lecheras

País de origen	Raza
España	Latxa, Manchega, Churra
Francia	Laucane, Basco-Bernaise
Alemania	East Friesian, Milchchaft
Italia	Sarda
Israel	Awassi, Assaf

FEAGAS, 2012.

Además de las principales razas reconocidas por su alta capacidad de producción lechera, en el Cuadro 2 se muestra la producción y duración de la

lactancia de cada raza, cabe aclarar que estos datos son medias de producción y dependerá de las condiciones en las que se encuentre el rebaño (Plazas, 2014).

Cuadro 2. Razas ovinas y sus niveles de producción

Raza	Producción, kg oveja ⁻¹ año ⁻¹	Duración de lactancia d	Proteína %	Grasa %
Milchschaf	600-800	250	5.5	5.5 – 6.5
Assaf	700-800	210	N.R.	5.7 – 6
Awassi	400 – 600	120-200	3.5 – 4.5	3.8 – 5
Laucane	200-270	165	5.5	7.1
Latxa	116	120	5.55	6.82
Churra	130 – 135	N.R.	5.5 – 5.8	6 – 7
Manchega	165.9	147	5.7 - 6.3	7 – 8

Adaptado de: Adámez, 2012 y FEAGAS, 2012.
N.R: no reportado.

2 Producción ovina

En México se cuenta con gran diversidad de climas que van desde el húmedo templado, cálido y muy seco (Ruan, 2017), esto hace que existan diversos sistemas de producción ovina, con características propias de cada región y que son determinados por la disponibilidad de recursos y por los hábitos o tradiciones en el consumo de productos ovinos. Estos sistemas van desde los altamente tecnificados que mantienen a los animales en completa estabulación sobre pisos elevados, hasta los trashumantes que se mantienen en condiciones totalmente extensivas y no utilizan tecnología básica (Peña *et al.*, 2013).

2.1 Sistemas de producción

Existen varios sistemas de producción ovina, que se desarrollan en pastoreo, en estabulación o en la combinación de estas dos modalidades (Adámez, 2012). De acuerdo con la intensidad de su régimen de producción se dividen en: intensivo, semi-intensivo y extensivo, y según su propósito fundamental se dividen en comerciales y de autoconsumo (Andrade *et al.*, 2017). A su vez, los sistemas comerciales pueden ser intensivos, semi-intensivos o extensivos, y por lo general, los de autoconsumo son de traspatio y, en algunos casos muy limitados de trashumancia (González *et al.*, 2013).

Un sistema intensivo es utilizado en producciones comerciales pues requiere de mayor inversión, se emplean razas especializadas y sistemas de cruzamiento definidos, tienen uso de tecnología avanzada y asesoría técnica profesional (Blanco, 2017). La producción intensiva puede ser realizada en pastoreo tecnificado, en completa estabulación o en esquemas mixtos con la combinación de estos dos procesos (Jaramillo, 2017). Los sistemas comerciales son evaluados en términos de utilidades logradas proveniente de ingresos por venta de pie de cría, corderos, leche y lana. Un sistema sustentable es aquel que tenga una relación costo/beneficio positiva, es decir que el costo sea menor al beneficio (Partida *et al.*, 2013). El sistema de producción ovina en pastoreo tecnificado se basa en el consumo de forrajes, pues la mayor parte del alimento que ingiere el animal, provienen de las especies vegetales empleadas; por eso, es requisito indispensable mantener interrelación óptima entre los forrajes y los animales, y se desarrolla en áreas poco extensas, donde la vegetación está compuesta por especies

introducidas, en una asociación de gramíneas con leguminosas (Jaramillo, 2017). También existe el sistema extensivo el cual se basa en la utilización de la vegetación nativa, donde los animales pastorean durante el día y se encierran en la noche, la calidad del forraje dependerá del estado vegetativo y época del año. En la época de estiaje se acostumbra pastorear los animales en rastrojos de maíz, frijol y en algunos otros residuos de cosecha propios de cada zona (Blanco, 2017). El manejo sanitario y reproductivo es nulo o muy deficiente. Por lo general, los animales se mantienen juntos en un solo rebaño que incluye hembras y machos de diferentes edades, no se lleva un control reproductivo ni genético, por lo que hay partos en diferentes épocas del año, concentrándose los nacimientos en otoño-invierno y se presenta un alto grado de consanguinidad (Andrade *et al.*, 2017).

2.2 Producción orgánica

La producción orgánica establece relación con su entorno, en la cual los animales pueden desarrollarse en espacios abiertos y que realizan todas sus funciones de manera natural. Contempla varias condiciones para que sea reconocida como tal, como se muestra en la siguiente Figura 1.



Figura 2. Condiciones para considerarse una producción orgánica (CAEE, 2000).

Los sistemas de producción orgánicos se basan en procesos naturales, aprovechamiento de recursos locales y disminución en la degradación del suelo. La efectividad de la producción de leche de los sistemas orgánicos ó los sistemas de producción convencionales es un tema abierto a debate (Ángeles *et al.*, 2014). Estos sistemas ovinos son principalmente un método de producción para un mercado específico que ofrece productos con calidad Premium y elevados estándares de calidad en sus procesos de producción. Por lo que una empresa ovina orgánica de producción de leche debe ser considerada viable en la medida que presente un balance positivo a nivel de sostenibilidad global, es decir, que sea socialmente benéfica, económicamente viable y medioambientalmente responsable (Ruiz *et al.*, 2017).

3. Alimentación

La alimentación del rebaño ovino se realiza principalmente en pastoreo por lo que el manejo nutricional se resume a cubrir los requerimientos nutricionales del rebaño según el estado fisiológico en el que se encuentre. En los alimentos comunes de los rumiantes predominan los ácidos grasos insaturados de 18 átomos de carbono. La suma de los ácidos α -linolénico, linoleico y oleico es un 72, 70 y 69 % del total de ácidos grasos en forrajes verdes, ensilados y henificados, respectivamente, siendo el ácido α -linolénico claramente mayoritario (Glasser *et al.*, 2013). Como se puede observar en el Cuadro 3 la presencia de ácidos grasos insaturados en algunos alimentos empleados en la alimentación de rumiantes (García, 2017).

Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos (g 100 g⁻¹ de ácidos grasos) en forrajes, concentrados y aceites.

Ácidos grasos ²	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	≥C20
<u>Forrajes¹</u>								
Frescos	1.0	16.9	1.0	2.1	3.8	15.8	52.6	1.7
Ensilados	0.9	18.7	0.8	2.1	3.4	16.6	49.8	1.8
Henificados	1.0	21.9	1.7	2.4	4.2	17.5	47.1	N.R.
<u>Concentrados²</u>								
Cebada	0.0	23.0	0.0	0.0	12.7	56.3	6.3	0.0
Maíz	0.0	11.1	0.0	1.9	26.9	55.9	0.9	0.0
Salvado de trigo	0.0	19.0	1.2	1.2	15.1	57.1	5.2	1.2
Semilla de algodón	1.0	24.0	1.0	2.0	19.0	51.0	0.2	1.0
Semilla de girasol	0.3	6.5	0.3	4.0	22.0	65.0	0.4	0.3
Harina de girasol	0.0	6.7	0.0	4.2	21.8	64.7	0.0	0.0
Harina de soya	0.0	11.3	0.0	3.8	21.8	54.1	8.3	0.8
<u>Aceites²</u>								
Palma	1.0	43.0	0.3	4.8	40.0	10.0	0.0	0.0
Coco	9.0	77.0	0.0	2.5	7.0	1.5	0.0	0.0
Girasol	0.0	6.4	0.0	5.0	22.6	63.0	0.5	1.1
Soya	0.0	9.5	0.2	4.0	22.0	54.0	7.3	1.1

Lino	0.0	5.5	0.0	4.0	19.0	15.5	54.0	1.0
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-----

¹Adaptado de Glasser *et al.* (2013). ²Adaptado de García (2017). N.R.: No reportado. \geq AG: C14:0 Mirístico; C16:0 Palmítico; C16:1 Palmítolico; C18:0 Estearico; C18:1 Oleico; C18:2 Linoleico; C18:3 Linolénico; \geq C20 AG con más de 20 carbonos.

La preponderancia de los ácidos grasos insaturados en los alimentos de los rumiantes determina que las bacterias ruminales estén permanentemente adaptadas para actuar rápidamente sobre ellos (Travieso *et al.*, 2014). Esta acción se justifica por la toxicidad que los ácidos grasos insaturados ejercen sobre las bacterias (Lozano, 2017).

3.1 Efecto de la alimentación en la expresión de genes

La nutrición, en general puede ejercer un impacto importante sobre los procesos fisiológicos del animal, incluido el metabolismo lipídico, mediante la modificación de la expresión de los genes relacionados con dicho metabolismo. Dichas modificaciones pueden ser debido a los metabolitos resultantes en el tubo digestivo (Toral *et al.*, 2017). Una ciencia relativamente joven es la nutrigenómica que tiene como objeto el estudio del impacto que los distintos componentes de la dieta pueden provocar sobre los procesos fisiológicos del animal, a través de cambios en la expresión de los genes (Carreño, 2018). En los últimos años se ha podido profundizar en el conocimiento de la relación que existe entre la dieta de los animales de aptitud lechera y sus efectos sobre el metabolismo lipídico en distintos tejidos gracias a la aplicación de técnicas de biología molecular (Llor *et al.*, 2013). En este sentido, se ha podido comprobar que dichos efectos en la glándula mamaria, posiblemente mediados en buena parte por cambios en la expresión

génica, producen importantes variaciones en la composición de la leche, especialmente en la grasa.

La respuesta de la expresión génica a los distintos componentes de la dieta implica el control de eventos que pueden ocurrir a nivel transcripcional (durante la síntesis de ARNm a partir de un molde de ADN), postranscripcional (estabilidad del ARNm), traduccional (durante la formación de la cadena de aminoácidos en el ribosoma), así como postraduccional-maduración o degradación de la enzima- (Bernard *et al.*, 2013). En lo que respecta a la influencia de la dieta sobre la expresión de genes, se ha observado que vacas lecheras alimentadas con dietas suplementadas con lípidos marinos presentaron una marcada reducción en la cantidad del ARNm de los genes ACACA, FASN y, en ciertos casos, SCD (Angulo *et al.*, 2012; Castro *et al.*, 2015). En los pequeños rumiantes, estos genes son aparentemente menos sensibles al aumento en el aporte de AG de cadena larga con la dieta, cualquiera que sea el origen de dichos AG (Marín *et al.*, 2015). Sin embargo, Hussein *et al.* (2013) sí observaron que, en ovejas productoras de leche, se presentó una disminución en la expresión de ACACA, FASN y SCD en respuesta al aporte de isómeros específicos del CLA, hecho previamente comprobado en vacas lecheras (Vieyra *et al.*, 2017).

3.2 Levaduras como aditivo alimenticio

El mecanismo de acción de los aditivos microbianos es múltiple y complejo (Núñez *et al.*, 2018). Se ha observado incremento en el crecimiento de la microbiota celulolítica en los animales suplementados con levadura, lo que da lugar a una

mayor velocidad de degradación de la fibra y explica el aumento en la ingestión de alimentos. Por otra parte, numerosos estudios ponen de manifiesto que la utilización del cultivo de levadura contribuye a estabilizar el pH ruminal, registrándose valores más altos que se asocian con una menor producción de lactato (Malmuthuge, 2017). Las levaduras son capaces de sobrevivir en el rumen durante periodos cortos de tiempo. Se ha demostrado que la suplementación de levaduras puede aumentar la ingestión y la producción de leche (Peris *et al.*, 2017). Bajo este nombre genérico se recogen diferentes productos, todos de origen natural, que tienen un fin común de aplicación, que es, mejorar los resultados productivos y sanitarios del animal. La cepa de levadura comúnmente empleada es *Saccharomyces cerevisiae*, la misma que se emplea en la industria de panificación, no obstante, muchos de los datos relacionados con la adición de levaduras en dieta de vacas lecheras mencionan efectos variables e inconsistentes sobre la producción y composición de la leche (Carrillo y Elizabeth, 2017).

4. Leche ovina

La leche y los derivados lácteos son alimentos de consumo diario, considerados como fuentes importantes de energía y de gran variedad de sustancias bio-activas asociadas positivamente con la salud humana, como proteínas, péptidos, oligosacáridos, lípidos, minerales y vitaminas. La leche de oveja, al igual que otras leches, es un complejo de sustancias que se encuentran en solución, suspensión o emulsión en agua: la grasa y las vitaminas liposolubles están en emulsión; las proteínas y los minerales acoplados a las micelas de caseína

en suspensión; y los glúcidos (lactosa), los minerales, el nitrógeno no proteico y las vitaminas hidrosolubles en solución (McCarthy, 2011; Stazionati, 2017). Es necesario destacar que el contenido de grasa de la leche representa un factor determinante de la calidad nutricional de la misma, siendo el mayor responsable de su contenido energético y de las características físicas y organolépticas de los productos lácteos elaborados a partir de esta (Rodríguez *et al.*, 2017).

4.1 Grasa láctea

La grasa es el componente más variable en leche de rumiantes, pues depende su contenido y composición básicamente de la dieta consumida. Así, el perfil de AG es el resultado de una compleja interacción entre nutrientes, el metabolismo ruminal y mamario. Por otra parte, aunque la nutrición representa el principal factor regulador de la producción de grasa láctea, aún es escasa la información disponible sobre la posible relación entre la dieta y la regulación de los genes implicados en el metabolismo lipídico en ovejas lecheras (Rodríguez-López *et al.*, 2017).

En general la leche de los rumiantes presenta características peculiares, puesto que contiene más de 400 AG diferenciados por la longitud en la cadena carbonada (4 a 18 carbonos) y la orientación de los dobles enlaces (García, 2017). Un 95 % de AG son triglicéridos sintetizados en glándula mamaria y el 5 % restante son fosfolípidos, ésteres de colesterol, mono y diglicéridos, AG libres (Toral *et al.*, 2017). La grasa láctea de los rumiantes destaca entre la de otros mamíferos por su alta proporción de AG de cadena corta (4, 6, 8 y 10 carbonos), ya que estos no son

detectables en el perfil lipídico de la leche en otras especies no rumiantes (con la excepción del conejo) o en la grasa corporal de ningún animal (Frutos *et al.*, 2016).

Alrededor del 60 % de los ácidos grasos incorporados a los triglicéridos son preformados captados de la sangre transportados en quilomicrones y lipoproteínas de muy baja densidad, de origen mayoritariamente intestinal, o son ácidos grasos no esterificados movilizados desde el tejido adiposo y el resto son sintetizados en la glándula mamaria (García, 2017). La glándula mamaria sólo puede sintetizar ácidos grasos de hasta 16 carbonos de longitud (Rodríguez *et al.*, 2017) utiliza acetato y betahidroxibutirato como sustratos. Los ácidos grasos preformados proceden de triglicéridos.

En comparación con otras especies de rumiantes, la leche de oveja presenta mayor contenido de grasa, la cual está organizada en glóbulos de un tamaño medio de 3.3 a 4 μm , rodeados de una membrana lipoproteica (Valdes, 2015). El contenido de grasa cambia significativamente entre especie, superando notablemente la leche ovina con niveles de 5.8 % (Cuadro 4), por lo que la hace idónea para su industrialización y una fuente rica en ácidos grasos benéficos en la nutrición humana.

Cuadro 4. Contenido de grasa total, ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en leche de diferentes especies (g 100 g⁻¹)

Leche	Grasa total	SFA ¹	MUFA ²	PUFA ³ Ω-6	PUFA Ω-3
Vaca	3.6	2.48	0.93	0.10	0.02
Oveja	5.8	3.58	1.22	0.29	0.06
Cabra	3.7	2.37	0.83	0.13	0.03

¹Ácidos grasos saturados, ²Ácidos grasos monoinsaturados, ³Ácidos grasos poliinsaturados (Mataix y Gil, 2004; Prieto, 2015).

Los principales AG de la leche ovina son: 10:0, 14:0, 16:0, 18:0 e isómeros del 18:1. Además, el contenido de los AG de cadena corta y media 6:0, 8:0, 10:0 y 12:0 es significativamente más alto en esta leche (y en la de cabra) que en la de vaca (Park *et al.*, 2007; Pérez, 2017). Algunos trabajos han sugerido que, la leche de oveja es especialmente rica en trans-11 18:1, conocido también como ácido vaccénico (VA) y cis-9, trans-11 18:2, conocido también como ácido ruménico –RA- (Majul y Plácido, 2015). Entre los AG de la leche de oveja cabe destacar CLA por sus efectos potencialmente beneficiosos en la salud humana ya que poseen acciones terapéuticas (Elhadi *et al.*, 2017). El CLA es una mezcla de diversos isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico que ha sido y sigue siendo objeto de numerosos estudios (Dilzer y Park, 2012). Investigaciones en rumiantes lecheros han demostrado que la síntesis del CLA tiene un doble origen: ruminal, mediante la acción de los microorganismos, y endógena que corresponde a la glándula mamaria, por medio de la enzima Δ9- desaturasa o esteroil-CoA desaturasa (conocida como SCD por sus siglas en inglés) a partir del VA (Gagliostro *et al.*, 2018). Aunque se sabe que la mayor parte del CLA presente en la leche es

de origen endógeno (Palmquist *et al.*, 2006). En la oveja, al igual que en otros rumiantes lecheros, la SCD es la principal responsable de la síntesis de los AG de cadena larga con doble enlace en posición cis-9 que se encuentran en la leche (Rodríguez *et al.*, 2006). Como ya se ha visto anteriormente, la alimentación es un factor importante en la composición de la leche con mayor énfasis en el perfil lipídico, por ello es importante dar una pequeña revisión en cuanto al metabolismo de los lípidos dentro del animal, desde que llega al rumen hasta que son secretados en leche.

4.2 Metabolismo de lípidos en rumen

En el rumen, los microorganismos llevan a cabo la lipólisis y biohidrogenación de los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos insaturados de los alimentos consumidos, así como la síntesis *novo* de ácidos grasos a partir de diversos sustratos. La lipólisis se refiere a la liberación de ácidos grasos esterificados en: triacilgliceroles, glicolípidos y fosfolípidos por hidrólisis, la biohidrogenación consiste en la reducción de los dobles enlaces existentes en los ácidos grasos insaturados liberados (Lozano, 2017). Sin embargo, aún persiste desconocimiento sobre las poblaciones bacterianas realmente implicadas en las diferentes rutas del metabolismo de los lípidos en el rumen (Shingfield y Wallace, 2014).

4.2.1 Lipólisis y biohidrogenación ruminal

La lipólisis es debida principalmente a enzimas lipasas bacterianas que se localizan extracelularmente, así como a fosfolipasas y galactolipasas principalmente bacterianas, pero también existen enzimas vegetales. La actividad lipolítica de

bacterias es altamente específica según Edwards *et al.* (2013) tal como *A. lipolyticus*, *Propionibacterium* y algunas cepas de *Clostridium* que actúan sobre triglicéridos, *Butyrivivrio spp.* hidrolizan principalmente fosfo y galactolípidos. El número de especies bacterianas capaz de hidrolizar los ésteres es bajo y su actividad muy específica. Los protozoos tienen actividad lipasa, aunque su contribución es menor que la de las bacterias, mientras los hongos no la muestran (Gaona *et al.*, 2018). El glicerol y la galactosa libres son rápidamente fermentados, el primero mayoritariamente a ácido propiónico mientras que la segunda lo es a ácido acético. Dado que la biohidrogenación requiere que los ácidos grasos estén libres en el medio ruminal, la lipólisis se considera la etapa limitante del proceso (Vieyra *et al.*, 2017). Además, la tasa de lipólisis puede variar entre especie, fase de crecimiento microbiano o estructura y posición de los AG en la molécula (Edwards *et al.*, 2013), también puede verse reducida por un bajo pH ruminal, como el observado cuando se suministran dietas ricas en almidón, o por el consumo de alimentos marinos, por su aporte de ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico (Vieyra *et al.*, 2017). Los ácidos grasos saturados que son liberados por lipólisis en el rumen no sufren modificaciones, pero los insaturados son rápidamente isomerizados e hidrogenados. La biohidrogenación actúa como un mecanismo de detoxificación que se ha desarrollado por algunos microorganismos en respuesta al efecto inhibitorio que los AG insaturados ejercen sobre su crecimiento (Torral *et al.*, 2017). Se cree que las bacterias celulolíticas son las principales responsables de la biohidrogenación (BH), la contribución de los hongos es inferior y la de los protozoos se considera insignificante (Castillo *et al.*, 2013).

Debido a BH ruminal, la mayor parte de los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico aportados por la ración se convierten en ácido esteárico. Sin embargo, el proceso no es completamente eficiente y resulta en la acumulación ruminal de numerosos ácidos grasos mono y poliinsaturados característicos -isómeros cis y trans de los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico- (Shingfield y Wallace, 2014), cuya presencia en la grasa láctea se puede relacionar directamente con los ácidos grasos insaturados mayoritarios en la ración consumida por los animales (Martínez *et al.*, 2015).

4.2.2 Síntesis microbiana de ácidos grasos

Durante muchos años se han clasificado dos grandes grupos de bacterias implicadas en la BH conocidos como A y B, considerando los productos que son capaces de formar a partir de 18:2n-6 y 18:3n-3, siendo las rutas más estudiadas, puesto que son los AG más abundantes en las dietas habituales de rumiantes (forrajes y alimentos concentrados). Aunque ambos grupos pueden biohidrogenar el 18:2n-6 y 18:3n-3 hasta trans-11 18:1, sólo las bacterias del grupo B reducen los isómeros 18:1 hasta el producto final (18:0). Las bacterias más representativas del grupo A y B son: *Butyrivibrio fibrisolvens* y *B. proteoclasticus* anteriormente conocida como *Clostridium proteoclasticum* (Moon *et al.*, 2008).

Las bacterias ruminales contienen 50 a 90 g kg⁻¹ de lípidos en su materia seca, y entre 40 y 50 g kg⁻¹ de ácidos grasos poliinsaturados impares y ramificados, respectivamente, en los ácidos grasos totales, que se localizan preferentemente en las membranas celulares (Buccioni *et al.*, 2012). Los ácidos grasos impares de

cadena media (C13:0, C15:0, C17:0) son sintetizados utilizando ácido propiónico como sustrato, aunque C15:0 y C17:0 también pueden originarse por la α -oxidación de C16:0 y C18:0 (Chillard *et al.*, 2014). Los protozoos contienen menos ácidos grasos impares y ramificados totales que las bacterias (110 vs 160 g kg⁻¹ de ácidos grasos totales), aunque presentan mayor proporción de C16:0 iso y C17:0 (Ku Vera *et al.*, 2014). La concentración (mg g⁻¹ materia orgánica bacteriana) de ácidos grasos impares y ramificados en las bacterias de la fase sólida y líquida del rumen no es diferente, pero la relación entre los ácidos grasos impares de cadena lineal y los ácidos grasos ramificados tiene valor mayor en las bacterias de la fase líquida (García, 2017).

La dieta consumida por los animales tiene una fuerte influencia en la síntesis microbiana de ácidos grasos. El aumento de la proporción de forraje en la ración causa reducción de la longitud de cadena de los ácidos grasos saturados y aumento de los ácidos grasos impares y ramificados sintetizados de *novo* por las bacterias (Prieto *et al.*, 2017). De acuerdo con lo anterior, la proporción de los ácidos grasos impares y ramificados en los lípidos microbianos que llegan al intestino delgado puede considerarse un reflejo de las poblaciones microbianas del rumen y del efecto que las características de la ración consumida tienen sobre ellas (Galindo *et al.*, 2017). Debido a las condiciones que se presentan en el ambiente ruminal es importante buscar alternativas que nos permitan obtener en el producto final un mejor perfil lipídico y esto se traduce en una mayor presencia de ácidos grasos insaturados, de tal manera que se tengan alimentos benéficos a la salud humana,

una de tantas alternativas es el uso de microorganismos que mejoren el aprovechamiento de la dieta ofrecida a los animales.

4.2.3 Incorporación de la grasa en la leche

Los AG de la leche tienen doble origen: por una parte, la síntesis de AG en la glándula mamaria y, por otra, la captación del torrente sanguíneo. Los AG de cadena corta y media (de 4 a 14 átomos de carbono) y aproximadamente la mitad de los AG de 16 átomos de carbono proceden de la síntesis a partir de acetato y, en menor medida de β -hidroxibutirato. En términos de proporciones molares, alrededor de un 60 % de todos los AG de la leche son sintetizados (Bauman *et al.*, 2011). La otra mitad de los AG de 16 átomos de carbono y todos aquellos con una cadena más larga (>16 átomos de carbono) son captados de la circulación sanguínea y tienen su origen en la dieta por el proceso de biohidrogenación ruminal o de las reservas adiposas corporales. En condiciones normales, los AG que provienen de la movilización de tejido adiposo representan menos del 10 % del total de los AG de la leche, excepto durante periodos de balance energético negativo en los que su proporción aumenta considerablemente (Bauman y Griinari, 2001; Barboza *et al.*, 2014). Por lo tanto, la fuente mayoritaria de AG de cadena larga es el aporte dietético.

4.2.4 Síntesis endógena (glándula mamaria)

El acetato y el β -hidroxibutirato son la fuente principal de moléculas de carbono para la síntesis de AG en glándula mamaria (Bichi, 2016). El acetato se origina en el rumen a partir de la fermentación de los hidratos de carbono de los

alimentos, mientras que el β -hidroxibutirato procede de la transformación del ácido butírico en las paredes ruminales e hígado (Castro *et al.*, 2014). Ambas moléculas son captadas del torrente sanguíneo por las células del epitelio mamario las que son activadas mediante la unión de la coenzima-A para dar lugar a la cadena carbonada de la molécula lipídica (Bichi, 2016). La acción de la enzima acil-CoA sintetasa citoplasmática (codificada por el gen ACSS2) parece ser la principal responsable de este proceso de activación (Rodríguez *et al.*, 2017).

El β -hidroxibutirato solo puede ser utilizado como precursor en la síntesis del ácido graso, pero no en la elongación, contribuyendo aproximadamente en 8 % al total de átomos de carbono en la grasa láctea, mientras que el acetato es la fuente de la mayoría de los carbonos utilizados para la formación de los AG (Toral *et al.*, 2016). La síntesis ocurre en el citoplasma de las células mamarias y está relacionada, además de la disponibilidad de NADPH, con la actividad de dos enzimas clave: la acetil-CoA carboxilasa alfa y ácido graso sintasa (codificadas por los genes ACACA y FASN, respectivamente (Carreño *et al.*, 2016). La ACACA cataliza la primera etapa de la biosíntesis de los AG (la conversión del acetil-CoA en malonil-CoA), la cual es determinante porque controla la velocidad de todo el proceso. FASN, por su parte, interviene en la elongación de la cadena lipídica añadiendo moléculas de acetil-CoA a la molécula, y es la responsable de la formación de los AG saturados de cadena corta y media hasta el 16:0 ácido palmítico (Bichi, 2016).

El uso de acetato y β -hidroxibutirato por parte de la ACACA y de la FASN explica por qué la mayoría de los AG de la leche tienen número par de átomos de

carbono. Sin embargo, en la leche también se pueden encontrar AG de cadena impar cuyo origen, aunque es en gran medida ruminal, también puede ser la síntesis en la glándula mamaria a partir de ácido propiónico como precursor (Vlaeminck *et al.*, 2006; Rodríguez-López *et al.*, 2017). Junto con el acetato y el β -hidroxibutirato, el propionato es un AG volátil que se forma en el rumen, pero a diferencia de los otros dos, su principal destino metabólico es la síntesis de glucosa.

4.2.5 Desaturación

Entre el origen dietético y el de la síntesis se encuentra el proceso de desaturación, que explica el origen endógeno de ciertos AG de la leche. La SCD es la enzima más importante en la síntesis de AG monoinsaturados, ya que introduce un doble enlace de configuración cis en la posición $\Delta 9$ (Toral *et al.*, 2016). La actividad de la SCD en la glándula mamaria se considera un mecanismo de elevada importancia para aumentar el grado de insaturación de los AG y disminuir así el punto de fusión de los triglicéridos presentes en la leche (Carreño *et al.*, 2016). Los AG 18:0 y trans-11 18:1 parecen ser los sustratos principales para la SCD, siendo la conversión del 18:0 en cis-9 18:1 predominante en cultivos de células de bovino (Bernard *et al.*, 2013).

Trabajos recientes indican que entre 29 y 51 %, según el perfil lipídico de la dieta ofrecida a los animales, del cis-9 18:1 presente en la leche resulta de la síntesis endógena en la glándula mamaria en ovinos (Frutos *et al.*, 2014; Toral *et al.*, 2015b). La actividad de la SCD también contribuye a la producción del cis-9 14:1 y del cis-9 16:1. Muchos otros AG funcionan también como sustratos para la actividad de

esta enzima; entre ellos el 10:0, 12:0, 15:0 y 17:0 (Shingfield *et al.*, 2008; Toral *et al.*, 2016).

En rumiantes, han sido identificadas dos isoformas de la SCD: la SCD1 y la SCD5 (Lengi y Corl, 2007). La SCD1 se expresa abundantemente en la glándula mamaria en lactancia y parece jugar un papel determinante en la síntesis de la grasa láctea (Bernard *et al.*, 2012). Por el contrario, la SCD5 identificada recientemente, no parece mostrar una correlación aparente entre su abundancia en el tejido mamario (mucho menor que el de la SCD1) y los índices de $\Delta 9$ desaturación de los AG de la leche, lo cual sugiere un papel menos importante en la síntesis de la grasa en leche (Jacobs *et al.*, 2013; Toral *et al.*, 2015b).

Además de la $\Delta 9$ -desaturasa, en la glándula mamaria de los mamíferos pueden encontrarse otras importantes enzimas desaturasas (FADS): la FADS1 y la FADS2, las cuales añaden dobles enlaces en la posición $\Delta 5$ y $\Delta 6$ de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ≥ 18 carbonos (Gagliostro *et al.*, 2018). Sin embargo, la abundancia del ARNm de los genes que las codifican parece ser baja en el tejido mamario de los rumiantes (Bionaz y Loor, 2008; Toral *et al.*, 2013) y, por lo tanto, el ácido araquidónico (20:4 n-6), el ácido eicosapentaenoico (20:5 n-3) y el ácido docosahexaenoico (22:6 n-3) son tres ejemplos de moléculas cuya presencia en la leche se explicaría especialmente por su captación del torrente sanguíneo.

Actualmente se sabe que es posible inhibir la actividad de la enzima $\Delta 9$ desaturasa por la presencia de los ácidos ciclopropanoicos, los ácidos grasos

poliinsaturados y algunos C18:2 con dobles enlaces en posición trans (Martínez *et al.*, 2010; Valdés y Pérez, 2015).

4.2.6 Secreción de la grasa en la glándula mamaria

Los AG sintetizados en la glándula mamaria o directamente capturados de la sangre son, en su mayor parte, organizados en triglicéridos antes de su secreción (Valdés y Pérez, 2015). Para la síntesis de triglicéridos, cabe mencionar el papel de la enzima diacilglicerol Oaciltransferasa 1 (codificada por el gen acil CoA: diacilglicerol aciltransferasa DGAT1), la cual esterifica los AG (principalmente, el ácido butírico, oleico y caproico) en posición 3 de los diglicéridos (Angulo *et al.*, 2012; Hussein *et al.*, 2013).

Debido al carácter hidrofóbico de los AG esterificados, la grasa de la leche es secretada por las células epiteliales de la glándula mamaria en forma de gota rodeada por una membrana lipídica, rica en proteínas, de naturaleza polar (Valdés y Pérez, 2015). Los triglicéridos recién formados son transportados desde el retículo endoplasmático rugoso y liberados en el citoplasma en forma de microgotas lipídicas, con un diámetro de hasta 0.5 μm , revestidas de proteínas y lípidos polares. Algunas de estas microgotas se funden entre ellas en el transporte hacia la membrana apical de la célula, dando lugar a gotas relativamente grandes (4 μm de diámetro) rodeadas por una membrana denominada membrana del glóbulo graso, la cual tiene la función de agente emulsionante natural que previene la coalescencia de los glóbulos grasos y su degradación enzimática (Stazionati, 2017). Dicha membrana está formada por fosfolípidos, esfingolípidos y glicoproteínas. Entre estas últimas, por su papel potencialmente relevante en el proceso de excreción de

la gota lipídica, cabe mencionar la translocasa de ácidos grasos (CD36), la butirofilina, subfamilia 1, miembro A1 (BTN1A1), la xantina deshidrogenasa (XDH) y la adipofilina -ADFP o PLIN2- (McManaman *et al.*, 2007; Hussein *et al.*, 2013).

5. Características de leche ovina

La leche ovina es de color característico blanco nacarado por su bajo contenido de pigmentos en los glóbulos grasos, el olor proviene de los ácidos grasos volátiles presentes, con mayor viscosidad, característica ligada a la riqueza de sus componentes -Calvo *et al.*, 2014-, (Cuadro 5).

Cuadro 5. Propiedades físicas de la leche de diferentes especies.

Propiedades	Cabra	Oveja	Vaca
Densidad (g mL ⁻¹)	1029-1039	1034-1038	1023-1039
Viscosidad (%V/V)	2.12	2.86-3.39	2.0
Acidez (ácido láctico %)	0.14-0.23	0.22-0.25	0.15-0.18
Acidez (°Dornic)	12 - 18	16 – 25	15 - 18
pH (20°C)	6.5-6.8	6.5-6.8	6.6-6.7
Punto Crioscópico (°K)	-0.57	-0.57	-0.58
Conduc. Eléctrica (S cm ⁻¹)	0.0043	0.0038	0.0040
Tensión superficial (dina cm ⁻²)	49.9	49.9	50.0

Haenlein y Wendorff, 2006.

En cuanto a la densidad, se señalan como valores normales para cada momento de la lactancia los siguientes: 1.034 g mL⁻¹ al inicio, 1.038 g/ml a la mitad y 1.035 g mL⁻¹ al final. Este parámetro se ve afectado por la modificación de los componentes a lo largo del periodo de lactancia (Adámez, 2012). La conductividad

eléctrica de una disolución, se debe a la movilidad de los iones dentro de un medio líquido. Este valor es algo más bajo en el caso de la leche de oveja que en la leche de vaca o cabra y tiene cierto interés práctico para el conocimiento indirecto del estado sanitario de la ubre (Toledo, 2013). Por otra parte, la acidez es la determinación analítica más frecuente en la tecnología lechera. Es la medida del contenido total de protones expresada en gramos de ácido láctico por 100 mL de leche, se mide frecuentemente en unidades de grados Dornic ($^{\circ}\text{D}$), cuyo valor se obtiene mediante la neutralización de la acidez de la leche con hidróxido de sodio. La acidez media de la leche de oveja se halla comprendida entre 16.7 y 25 $^{\circ}\text{D}$, pudiendo modificarse por diferentes causas, como por ejemplo el desarrollo de gérmenes, la lipólisis espontánea o inducida, entre otros. La acidez es una propiedad que contribuye a revelar el grado de contaminación microbiológica (Angelovičová *et al.*, 2011). La viscosidad de la leche de oveja alcanza es más elevado por poseer mayor contenido de proteína y grasa. La baja tensión superficial, de la leche con respecto a la del agua (50 dinas / cm^2 en comparación con 79 dinas cm^{-2}) se explica por la presencia de sustancias orgánicas en leche (fundamentalmente caseína). Las proteínas del lactosuero coagulables por el calor (albúminas y globulinas) y la materia grasa, tienen escasa incidencia sobre la tensión superficial de la leche; sin embargo, la lipólisis o la adición de sustancias tensioactivas provocan reducción de la tensión superficial y a mayor formación de espuma (Hurtado, 2014). El punto crioscópico, toma un valor medio y constituye un parámetro físico de gran interés para evaluar cuantitativamente la cantidad de agua añadida (aguado). La acidificación de la leche o la adición de sales minerales

rebajan el punto crioscópico, en tanto el descremado, no influye sobre su valor (Buseti, 1999; Park *et al.*, 2007).

La leche es una distribución compleja de nutrientes que, según Valderrama (2008) se encuentran organizada en diferentes fases:

- Fase acuosa: Contiene en disolución la lactosa y la mayoría de los iones.
- Fase globular: Formada por gotas de grasa rodeada de una membrana lipoproteica que se encuentra en emulsión gracias a las repulsiones electrostáticas entre las cargas negativas de la envoltura.
- Fase micelar: Constituida por las micelas de caseína y los coloides de otras proteínas lácteas.
- Fase celular: Formada por microorganismos y algunas células extravasadas (macrófagos y linfocitos)

La composición de la leche determina su calidad nutritiva y su valor como materia prima para fabricar productos alimenticios principalmente. Aunque en sentido cualitativo la leche tiene composición y propiedades constantes, varía cuantitativamente entre límites bastante amplios, dependiendo de la raza, número de partos, estado de lactación, época del año, clima de la región, etc. (Oliszewski, 2016). Como se ha comentado anteriormente, la leche de oveja se consume como derivados y no como leche fluida, fundamentalmente en forma de quesos, siendo la materia grasa y los componentes protéicos los más importantes para la fabricación del mismo debido a que el rendimiento está correlacionado con el contenido de éstos en la leche (Statsenko y Guharay, 2015). En el Cuadro 6 se presenta un

resumen de los principales componentes químicos de la leche de oveja, comparada con la de vaca y cabra.

Cuadro 6. Composición promedio de leche en diferentes especies

Composición (%)	Vaca	Oveja	Cabra
Grasa	3.6 – 6.9	2.4 - 10.4	2.6 - 5.4
Sólidos no grasos	9.0	12.0	8.9
Lactosa	4.6 – 5.4	3.4 - 6.2	4.6 - 5.4
Proteínas	3.0 – 4.1	3.7 - 9.3	2.4 - 3.8
Caseínas	2.4 – 3.0	3.4 - 6.9	2.4 - 3.0
Albumina, globulina	0.6	1.0	0.6
N ₂ , no proteico	0.2	0.8	0.4
Ceniza	0.7	0.9	0.8
Calorías 100 mL ⁻¹	69	105	70

Soryal *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2007.

Las proteínas de la leche son probablemente las mejor caracterizadas, constituyendo el soporte de su riqueza nutritiva. Del total de nitrógeno de la leche ovina, aproximadamente el 95 % se encuentra en forma de proteína, el resto está en forma de urea, creatina, glucosamina y amoníaco, que pasan de la sangre a la leche (Angelov *et al.*, 2011). Pueden dividirse en dos grupos principales: caseínas, que se encuentran en la leche principalmente en estado coloidal y las proteínas del suero que se encuentran disueltas. La leche de oveja y cabra contiene más retinol. Al igual que en la leche de cabra, el aminoácido taurina (no proteico) está presente en la leche de oveja (Park *et al.*, 2007). En el Cuadro 6 se observa la composición promedio de proteína de la leche en diferentes especies.

Además de ser una leche rica en minerales como se puede observar (Cuadro 7), la leche de oveja posee mayores concentraciones de calcio, fósforo inorgánico, magnesio, cobre, hierro y zinc que la leche de vaca (Fox, 2000; Cuadro 7).

Cuadro 7. Minerales que provee un litro de leche en relación a los requerimientos humanos (mg d⁻¹).

Minerales	Leche de oveja	Leche de vaca	Necesidades humanas
Ca	254	170	800
P	133	85	1000
K	97	101	1500
Na	31	40	1150
Mg	57	40	300
Cu	17	6	2
Fe	9	5	12
Mn	2	2	3
Zn	106	56	7

Fox, 2000.

5.1 Industrialización de la leche

La leche ovina presenta características muy peculiares que se pueden observar en la industrialización para queso, comparado con la leche de vaca, se sabe que para elaborar queso de oveja de 1 Kg es necesario de 5 a 6 litros de leche, mientras que con leche de vaca se necesitan de 10 a 12 litros (Frutos *et. al.*, 2016). Esto se debe principalmente a la composición química (proteínas coagulables siendo la caseína de mayor importancia) cantidad de grasa y sólidos totales. Desde el punto de vista quesero, interesan las proteínas que constituyen dos grupos, las caseínas (80 %) termoestables que forman el queso, y las proteínas del suero -

fracciones de globulina y albúmina: 20%- (Suárez y Busseti, 2004; Frutos *et al.*, 2016).

El queso es la modalidad más antigua de transformación industrial de la leche, proporciona proteínas ricas en aminoácidos esenciales. Conserva gran parte del calcio y las vitaminas de la leche aunado a esto una de las mayores ventajas es que mantiene la proteína láctea intacta puesto que su concentración es mayor en este producto (García, 2017).

Los productos queseros tienen particularidades en su aspecto y sabor: La pasta en general es más blanca, los sabores son típicos y más intensos debido a que tienen proporción diferente en el contenido de ácidos grasos, como, por ejemplo, los elevados porcentajes en ácidos: caprílico (1.7 a 4 %) y cáprico (4 al 11 %) en comparación con los de la leche de vaca -1 a 1.8 y 2.1 a 3.5 %- (Morantes *et al.*, 2014). El proceso de coagulación de la leche para la elaboración del queso, se debe a modificaciones físico-químicas de las micelas de caseína que dan lugar a un entramado proteico denominado coágulo o cuajada (Guzmán *et al.*, 2015). Dicha coagulación se puede lograr por acidificación o por adición de enzimas coagulantes, que pueden ser de origen animal o vegetal (Lurueña, 2010). Los quesos comercializados tienen maduración de al menos 45 días son suaves al paladar, con un sabor y aroma que los identifican.

5.2 Aspectos higiénico-sanitarios

Al igual que en otras explotaciones lecheras como la bovina o caprina, el grado de infección mamaria puede pasar desapercibido (forma subclínica) o

manifestarse en forma clínica. En ambos casos se produce disminución de la producción y pérdidas asociadas al deterioro de la calidad de la leche, la cual está precedida por pérdidas productivas (Hurtado, 2014). Una herramienta efectiva es el RCS (Recuento de Células Somáticas) procedimiento común, ampliamente utilizado en las unidades de producción lecheras que sirve para evaluar el estado inflamatorio de la glándula mamaria, mejor conocido como mastitis (Statsenko y Guharay, 2015). Cuando los microorganismos causantes de mastitis invaden la ubre y el número de leucocitos se incrementa en la glándula mamaria, esto se traduce en aumento de células somáticas en la leche obtenida en respuesta a la infección (Rodríguez *et al.*, 2015). El principal factor que afecta el RCS son las infecciones intramamarias, pero existen factores no infecciosos como el estado fisiológico, manejo y genéticos (Oliszewski, 2016).

Los ovinos presentan mayor capacidad para limitar las infecciones durante el período perinatal, para eliminar las infecciones durante la lactancia y cuantitativamente para limitar el proceso inflamatorio y sus consecuencias clínicas, esto puede deberse a la resistencia desarrollada y a su gran rusticidad (Suárez *et al.*, 2017). Una leche considerada normal contiene células somáticas en ciertos porcentajes, en estos casos se pueden encontrar macrófagos (46 a 84 %), neutrófilos (2 a 28 %), linfocitos (11 a 20 %) y células de tejido glandular -células epiteliales- (Ledda y Santis, 2000; Sánchez y Soria, 2015).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Rancho Santa Marina el cual está certificado en la producción de leche ovina orgánica. Se ubica en el km 3.5 carretera a Atongo, Municipio El Marqués, Querétaro. El rancho se localiza a una altitud de 2500 msnm, con rangos de temperatura de 10 a 18 °C, clima semiseco-templado (BS₁ kw(w)) y precipitaciones de 400 a 800 mm anuales. El tipo de suelo predominante se clasifica como phaeozem con poca pendiente –llanura- (INEGI, 2018).

El Rancho Santa Marina es un complejo ganadero que aspira a producir leche de alta calidad, desarrolla un método de producción en el cual no se emplean agroquímicos, pesticidas, reguladores de crecimiento, medicamentos veterinarios, etc. y funciona principalmente con el uso de recursos locales mediante rotación de pradera cero labranzas.

Los análisis de la composición química del forraje, concentrado y perfil de ácidos grasos de los componentes de la dieta y leche se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

1. Manejo de animales

Se utilizaron 40 ovejas de la craza East Friesian* Pelibuey, de 2 a 4 partos, en el primer tercio de lactancia. Las ovejas permanecieron en pastoreo rotacional en praderas (0.5 ha), compuestas por gramíneas forrajeras de las siguientes especies: *Bouteloa repens*, *Bromus dolichocarpus*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arudinacea*, *Lolium multiflorum*, *Lolium*

perenne, *Sorghum halepense*, *Sporobolus indicus*. Antes del ordeño (12:00 h) el rebaño se introducía en un banco de proteína a base de alfalfa (*Medicago sativa*) durante 1 hora. Al momento del ordeño (13:00 h) se administró concentrado (Malta lechero 20 csa en polvo Malta cleyton®, 250 g animal⁻¹ d⁻¹).

1.2 Tratamientos experimentales

El experimento se estableció con cuatro tratamientos (0, 3, 6 y 9 g animal⁻¹ d⁻¹) y diez repeticiones (n= 10), siendo una oveja la unidad experimental (Cuadro 8). La administración de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) se realizó durante 45 días, con tres períodos de muestro de leche: 1) del día 3 al 5, 2) del día 23 al 25 y 3) del día 43 al 45. Al momento del ordeño (13:00 h) se realizó la toma de muestras lácteas (100 mL de leche oveja⁻¹ día⁻¹) en los periodos de muestreo establecidos.

Cuadro 8. Tratamientos experimentales

Tratamiento, T	Descripción
T1	Dieta testigo aportada en el rancho (DT) [£]
T2	DT + 3 g de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> * (Sc) animal ⁻¹ d ⁻¹
T3	DT + 6 g Sc animal ⁻¹ d ⁻¹
T4	DT + 9 g Sc animal ⁻¹ d ⁻¹

[£] Incluye forraje consumido en pastoreo y el suplemento aportado.

* Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech.

En los periodos de muestreo de leche, también se recolectaron muestras del alimento consumido por las ovejas (forraje, concentrado).

1.2.1 Toma de la muestra

Para la toma de muestra se utilizaron botes estériles con tapón hermético, previamente identificados. Las muestras se recolectaron de forma directa de la ubre (100 mL) y se conservaron hasta su análisis como se indica a continuación.

1. 50 mL para análisis químicos, conservadas a 4 °C.
2. 50 mL para el análisis del perfil de ácidos grasos insaturados (conservadas a -20°C).

1.3 Análisis químicos

1.3.1 Leche

El contenido de la leche se determinó con un equipo MilkoScan (Foss Electric serie 133/B, Denmark). Este equipo cuenta con una banda infrarroja FTIR -650 cm^{-1} hasta $4,000\text{ cm}^{-1}$ que permite dar lectura a cada uno de los parámetros (% , m/m) siguientes: caseína, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos de la leche (SNF), ácido cítrico, punto crioscópico (FDP), densidad, ácidos grasos libres (FFA) y acidez.

Previo a la lectura, cada muestra se colocó en un baño termostático (IDL-AG12 INDELAB, España), calibrado a 40°C durante 20 min, agitando para homogeneizar sus componentes. Se calibró el equipo para la lectura de leche ovina, posteriormente se tomaron 30 mL en un vaso colector con capacidad de 50 mL y se realizó la lectura en el equipo MilkoScan.

1.3.2 Alimento, forraje y levadura

La composición química del alimento, el forraje y el cultivo de levadura Sc (Cuadro 9) fue determinada de acuerdo a la metodología descrita por AOAC (2005): materia seca (MS; método 930.15), cenizas (método 942.05), proteína cruda (PC; método 984.13) y extracto etéreo (EE; método 954.02); mientras la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido fue mediante el analizador ANKOM (Ankom Technology Corp. A200, Fairport, NY, USA).

Cuadro 9. Composición química de los componentes de la dieta ofrecida a ovejas en el primer tercio de lactancia.

Composición química %	Forraje de Pradera	Concentrado	Alfalfa	Sc ¹⁰²⁶ ‡
Materia sea	93.35	92.52	92.20	95.64
Proteína	6.72	17.54	20.66	28.40
Fibra Detergente Neutro	70.61	30.53	43.34	30.18
Fibra Detergente Ácida	44.19	16.92	32.91	17.15
Extracto Etéreo	2.31	3.05	2.52	5.18
Cenizas	9.95	18.50	10.77	6.66
Composición de ácidos grasos % del total de ésteres metilados				
Caproico	0.43	-	-	-
Laúrico	1.42	-	1.26	-
Mirístico	1.91	0.44	0.87	0.2
Palmítico	28.32	18.06	25.73	16.72
Heptadecanoico	0.51	-	0.44	0.08
Esteárico	8.32	2.17	3.88	3.42
Eladico	3.26	-	-	-
Oleico	8.17	24.90	2.30	25.39
Linoleico	25.83	48.81	14.63	50.95
Araquídico	0.61	-	0.73	-
Linolénico	17.06	-	30.43	1.70

‡Levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech de México).

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Extracción de la grasa
2. Metilación de los ácidos grasos.
3. Análisis de ésteres metílicos de los ácidos grasos por la técnica de cromatografía de gases.

La extracción de AG de la leche se realizó de acuerdo a la metodología de Feng *et al.* (2004). El perfil de AG de los componentes de la dieta y leche se determinó utilizando la técnica de metilación, modificada de Palmquist y Jenkins (2003) y Jenkins (2010), en el cual los AG se presentan en forma de metil ésteres. Para los componentes de la dieta se tomaron 0.5 g de muestra. En la leche se tomaron 50 μ L de los lípidos extraídos de ella. La muestra de alimento o los lípidos de la leche se colocan en tubos de polipropileno, se agregan 3 mL de metóxido de sodio (0.5 M en metanol para proteger el proceso de isomerización de los AG insaturados), y se agita por 1 min con vórtex. Luego, los tubos se colocan en un vaso de precipitados con agua destilada a 50 °C por 10 min, los tubos se retiran del vaso y se enfriaron por 5 min.

En los tubos se agrega 3 mL de ácido clorhídrico metanólico al 5 % para extraer la grasa total de la muestra y se agitan 1 min con vórtex. Los tubos fueron colocados dentro del vaso de precipitado con agua destilada, a 80 °C por 10 min, se retiraron y se dejaron enfriar por 10 min, se agregó 3.5 mL de hexano para disolver y extraer solo la grasa, y 5 mL de carbonato de potasio al 6 % para saponificar y liberar los

AG, los cuales se agitaron por 1 min con vórtex, y se centrifugó por 7 min a 3,500 x g. Después se extrajo la fracción de hexano, ubicada en la parte superior en el tubo, y se depositó en tubos de polipropileno, los cuales contienen 0.5 g de sodio para eliminar el exceso de humedad y 0.1 g de carbón activado para eliminar impurezas, se agitaron con vórtex y se centrifugaron por 5 min a 1,500 x g. Luego se extrajeron la primera fase de hexano, y se filtró a través de un acrodisco (Thermo Scientific, titan 44513-NN, filtro verde de 17 mm y membrana nylon de 0.45 μm ; para asegurar una muestra libre de impurezas) se colocó en un vial donde se almacenó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis por cromatografía de gases. Los metil ésteres de AG se determinaron en un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático con una columna capilar de sílice (100 m x 0.25 mm x 0.20 μm de grosor, Sp-2560, Supelco). La identificación de los AG se realizó comparando los tiempos de retención de cada pico obtenido del cromatograma, con un estándar de 37 componentes de metil ésteres de AG.

1.3.3 Obtención de resultados

Los ácidos grasos se reconocen dentro de una muestra por el tiempo de retención. Según si los AG son de cadena más corta (del C2:0 al C10:0) o si son de mayor peso molecular (del C12:0 al C18:0).

Para la determinación cuantitativa de cada uno de los ácidos grasos, fue necesario aplicar los factores de recuperación y los factores de corrección cromatográficos. Los porcentajes de las áreas correspondientes a cada ácido graso fueron calculados por el integrador que posee el cromatógrafo, previa eliminación

de las áreas correspondientes a los disolventes y reactivos utilizados en el método analítico.

1.4 Diseño experimental

Los datos fueron analizados usando un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Estructura de varianza basada en el método compound symmetric y comparación de medias por Tukey ($P < 0.05$). Para AG insaturados se realizaron polinomios ortogonales para probar el efecto lineal, cuadrático y cúbico, SAS [2013, Statistical Analysis System®].

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencia en producción de leche por efecto de Sc entre tratamientos (Cuadro 10); sin embargo, si hubo diferencias entre periodos debido a que las ovejas se encontraban en su primer tercio de lactancia donde alcanzan su pico de producción (± 90 días). Los resultados del presente estudio contrastan con los reportados por Helald y Abdel-Rahman (2010) quienes observaron mayor producción de leche al suplementar 5 g d^{-1} de Sc en ovejas Rhamani alimentadas con paja de trigo y suplementadas con concentrado. Asimismo, Mašek *et al.* (2008a, 2008b) reportaron un incremento en la producción de leche en ovejas alimentadas a base de forraje y suplementadas con un concentrado y Sc (6 y $1 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente). Sin embargo, son escasos los reportes en la literatura donde se relaciona el efecto de Sc en la producción de leche ovina.

En cabras Saanen, la suplementación con 20 g d^{-1} de Sc produjo efectos positivos al prolongar la curva de lactancia (Cuenca, 2018). En un meta análisis donde estudió el efecto de Sc en la producción de leche de ganado bovino se determinó un incremento de 1.18 kg d^{-1} , destacándose amplia heterogeneidad en los resultados de los estudios analizados (Poppy *et al.*, 2012). Asimismo, en vacas a inicios de lactación, el aporte de 12 g d^{-1} de Sc mejoró la producción de leche (Szucs *et al.*, 2013). En contraste, en vacas Holstein no se reportó diferencia en la producción de leche cuando se suplementaron $10 \text{ g de Sc animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Malekhhahia *et al.*, 2016). Bayat *et al.* (2015) tampoco observaron cambios en la producción de leche de vacas Ayrshire suplementadas con Sc.

Cuadro 10. Producción de leche de ovejas (mL d⁻¹) suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Periodo [€]	Tratamientos(g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [¢]		
	0	3	6	9		Trat	Pe [€]	TratxPe
P1	210 ^c	230 ^c	270 ^b	240 ^c	26.68	ns	***	ns
P2	240 ^b	270 ^b	278 ^b	295 ^b	26.68	ns	***	ns
P3	260 ^a	295 ^a	315 ^a	372 ^a	26.68	ns	***	ns

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech). [¢]P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (***P < 0.001, ns: no significativo). EEM: error estándar de la media. a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey, P < 0.05).

Se ha documentado que Sc incrementa la producción de leche al mejorar el consumo de materia seca, en respuesta a incrementos en la cantidad y actividad de las bacterias ruminales que modifican la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), mejoran el pH ruminal y nitrógeno amoniacal (Pierce *et al.*, 2013).

Sin embargo, el incremento en producción de leche con el uso de Sc se relaciona en buena medida con la calidad del forraje y el suplemento consumido (Mašek *et al.*, 2018a; Hui-Ling *et al.*, 2013). En este sentido, la falta de respuesta en la producción de leche con la suplementación de la levadura en este estudio se pudo relacionar con la baja calidad del forraje de la pradera (Cuadro 9) y con el tiempo de suplementación de Sc, ya que los resultados indican mejoras en la producción de leche con el aporte de la levadura, entre los 75 y 90 días, durante la lactancia tardía (Boggero, 2012).

No hubo diferencias ($P > 0.05$; Cuadro 11) en el contenido de grasa, proteína, sólidos totales y lactosa de la leche de ovejas por efecto de Sc. Sin embargo, el contenido de grasa, proteína y sólidos totales se incrementó ($P < 0.05$) y el de lactosa disminuyó ($P < 0.05$) durante los periodos de evaluación, independientemente de los tratamientos. Los valores determinados de grasa, proteína, sólidos totales y lactosa en este estudio se encuentran dentro del intervalo descrito por otros autores para leche ovina (Park *et al.*, 2007; Kuchtik *et al.*, 2008; Hilali *et al.*, 2011).

La suplementación con Sc no tuvo un efecto concluyente en el contenido de grasa de leche ovina. Mašek *et al.* (2008b) reportaron incremento en la grasa láctea de ovejas criollas Croatas durante la lactación tardía, al aportar $1 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de Sc. Por otro lado, Boggero (2012) no encontró efecto de la suplementación con Sc en los componentes químicos (grasa, proteína y sólidos totales) de ovejas lecheras de raza Pampinta; sin embargo, observaron cambios a lo largo de la lactancia con picos de mínima concentración de grasa entre los 75 y 90 días posparto.

Cuadro 11. Porcentaje (%) de grasa, proteína, sólidos totales y lactosa en leche de ovejas suplementada con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Variable	Tratamientos(g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EMM	P [¢]			
	0	3	6	9		Trat	Pe	TratxPe	
Grasa	P1	5.14 ^c	4.66 ^c	5.27 ^b	5.27 ^b	0.82	ns	***	ns
	P2	5.58 ^b	5.39 ^b	5.34 ^b	5.02 ^b				
	P3	5.90 ^a	6.74 ^a	6.02 ^a	5.79 ^a				
Proteína	P1	5.42 ^b	5.32 ^b	5.51 ^{ab}	5.23 ^b	0.42	ns	**	ns
	P2	5.49 ^b	5.36 ^b	5.45 ^b	5.60 ^a				
	P3	5.81 ^a	5.83 ^a	5.79 ^a	5.71 ^a				
Sólidos totales	P1	16.11 ^b	15.72 ^c	16.50 ^a	16.33 ^b	1.14	ns	*	ns
	P2	16.51 ^a	16.33 ^b	16.41 ^{ab}	16.23 ^b				
	P3	16.61 ^a	17.42 ^a	16.74 ^a	16.92 ^a				
Lactosa	P1	4.82 ^a	4.82 ^a	4.84 ^a	4.85 ^a	0.19	ns	**	ns
	P2	4.60 ^b	4.73 ^a	4.70 ^b	4.76 ^a				
	P3	4.77 ^{ab}	4.54 ^b	4.73 ^b	4.49 ^b				

€Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. £Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech.). ¢P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (* P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001, ns: no significativo). EEM: error estándar de la media. a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey, P < 0.05).

En otros estudios (Arambel *et al.*, 1990; Caja *et al.*, 2003; Erasmus *et al.*, 2005) tampoco se detectaron cambios en el contenido de grasa cuando se suplementó con Sc a ovejas. Asimismo, Desnoyers *et al.* (2009) en un meta-análisis encontraron baja influencia de la levadura en el contenido de grasa en leche.

Baiomy (2011) señala incremento de materia grasa cuando las ovejas son alimentadas con 1 kg animal⁻¹ día⁻¹ de concentrado, paja de arroz, alfalfa y se suplementan con Sc, explicando el cambio por el alto aporte de nutrientes del concentrado. Aunque los aumentos en el contenido de grasa en leche se relacionan

con dietas altas en forraje de buena calidad que permitan la producción de ácido acético (Hui-Ling *et al.*, 2013), precursor de grasa láctea, es importante que las dietas basadas en forrajes se combinen con el aporte de un concentrado para mejorar la composición química de la leche (Mašek *et al.*, 2008a). Lo anterior puede explicar la falta de respuesta en el contenido de grasa de la leche de ovejas suplementadas con Sc en este estudio, las cuales pastaron en forraje de baja calidad (6.7 % PC; Cuadro 9) y posiblemente la cantidad de concentrado ofrecido (200 g animal⁻¹ d⁻¹) no aportó los nutrientes necesarios para producir cambios en el contenido de grasa, aun con la suplementación de la levadura.

El contenido de proteína de la leche al suplementar cultivo de levadura ha sido variable. Existen estudios donde el aporte de levadura disminuye el contenido de proteína en la leche de ovejas (Baiomy, 2011) y cabras (El-Ghani, 2004). En otras investigaciones, la suplementación con Sc no afectó el contenido de proteína de la leche de ovejas (Mašek *et al.*, 2008b; Boggero, 2012) tampoco la de cabras (Cuenca, 2018). En contraste, Helal y Abdel-Rahman (2010) reportaron un incremento en el contenido de proteína en la leche de ovejas Rhamani alimentadas con paja de trigo, concentrado y 5 g d⁻¹ de Sc. Asimismo, Milewski *et al.* (2012) observaron un incremento en el contenido de proteína de la leche de ovejas Kamieniec alimentadas a base de forraje y suplementadas con un concentrado que contenía Sc.

El efecto prebiótico de Sc se relaciona con incrementos en las poblaciones de microorganismos ruminales (Pierce *et al.*, 2013) y con ello, mayor flujo de proteína microbiana hacia intestino delgado. Cuando el aporte de nitrógeno es apropiado en el rumen, la proteína microbiana puede incrementar linealmente con

la suplementación de levadura y mejorar el contenido de proteína de la leche (Mao *et al.*, 2013). El bajo aporte de proteína en la dieta (Cuadro 9) pudo limitar el efecto prebiótico de Sc para estimular el aumento del flujo de proteína microbiana hacia duodeno y con ello impedir cambios en la producción de proteína en la leche de las ovejas en este estudio.

El contenido de sólidos totales y lactosa en leche, tampoco mostró cambios ($P > 0.05$; Cuadro 11) entre tratamientos por efecto de suplementación con Sc. Los resultados del presente estudio concuerdan con lo observado por Bayat *et al.* (2015) quienes no observaron respuesta en el contenido de sólidos totales y lactosa al suplementar Sc en la dieta de ovejas lecheras. Asimismo, la suplementación con 20 g d⁻¹ de Sc no produjo cambios en la concentración de sólidos totales y lactosa en leche de cabras Sannen (Cuenca, 2018). En contraste, Helald y Abdel-Rahman (2010) observaron mayor concentración de sólidos totales y lactosa al suplementar 5 g d⁻¹ de Sc en ovejas Rhamani alimentadas con paja de trigo y suplementadas con concentrado. El contenido de lactosa también fue aumentado en leche con la adición de 12 g d⁻¹ de Sc (Szucs *et al.*, 2013). Por su parte, Boggero (2012) no encontró efecto en el contenido de sólidos totales en la leche de ovejas de raza Pampinta suplementadas con 10 g d⁻¹ de Sc; sin embargo, observaron cambios mínimos en la concentración de sólidos totales entre los 75 y 90 días posparto.

En el Cuadro 12 presenta los resultados de las concentraciones de sólidos no grasos, ácido cítrico, caseína, acidez y densidad en la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de Sc, en el cual se aprecia que sólo la concentración de ácido cítrico y acidez mostraron diferencia ($P < 0.05$) entre los

tratamientos evaluados. De esta manera en la suplementación de 9 g resultó el tratamiento con mayor contenido de ácido cítrico en la leche ovina ($P < 0.05$).

Cuadro 12. Contenido de sólidos no grasos, ácido cítrico, caseína, acidez y densidad de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico.

Variable	Periodo [€]	Tratamiento(g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [¢]		
		0	3	6	9		Trat	Pe	TratxPe
Acidez °D [¥]	P1	12.38 ^b	12.01 ^b	12.73 ^b	12.16 ^b	0.91	ns	**	ns
	P2	12.59 ^{ab}	12.37 ^b	12.63 ^b	10.76 ^c				
	P3	13.54 ^a	14.44 ^a	13.25 ^a	13.51 ^a				
Ácido cítrico	P1	0.10 ^B	0.13 ^A	0.11 ^B	0.12 ^A	0.04	*	ns	ns
	P2	0.10 ^{BC}	0.09 ^C	0.12 ^B	0.18 ^A				
	P3	0.11 ^B	0.11 ^A	0.10 ^B	0.22 ^A				
Caseína	P1	4.38 ^b	4.32 ^b	4.46 ^{ab}	4.23 ^{ab}	0.29	ns	**	ns
	P2	4.39 ^b	4.35 ^b	4.37 ^b	3.69 ^b				
	P3	4.59 ^a	4.80 ^b	4.51 ^a	4.51 ^a				
Densidad	P1	1036	1037	1036	1336	122.5	ns	ns	ns
	P2	1035	1035	1036	1034				
	P3	1036	1036	1035	1034				
Sólidos no grasos	P1	10.89	10.95	10.10	10.79	0.52	ns	ns	ns
	P2	10.71	10.68	10.81	10.03				
	P3	10.71	11.20	10.95	10.86				

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech.). [¢]P: Valor de P para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, ns: no significativo). [¥]Grados Dornic. EEM: error estándar de la media. A, B, C, D: Literales distintas en la misma hilera indican diferencias (Tukey, $P < 0.05$). a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey, $P < 0.05$).

Los valores determinados de sólidos no grasos observado en este estudio son similares con los reportados en la literatura para leche de oveja (Bidot-Fernández, 2017). Además, Mašek *et al.* (2008a) reportaron niveles de 11.2, 11.0 y 11.1 % de sólidos no grasos en leche de ovejas Istrian x East Friesian

suplementadas con 0, 3 y 6 g d⁻¹ de Sc, resultados similares a del presente estudio. En contraste, Helal y Abdel-Rahman (2010) reportaron contenidos de 13.3 y 13.22 % de sólidos no grasos en leche de ovejas Rahmani suplementadas con 0 y 5 g d⁻¹ de Sc. Los sólidos no grasos de leche, compuestos por proteínas, lactosa y minerales (10.3 %) es el que mayor contenido presenta de este componente cuando se compara con la de cabra (8.6 %) o vaca -0.02 %- (Bidot-Fernández, 2017).

En la literatura consultada no se encontraron estudios que relacionen el efecto de Sc en el contenido de ácido cítrico de la leche; no obstante, este compuesto orgánico se encuentra en casi todos los tejidos animales (Ramesh y Kalaiselvam 2011) y su presencia en la leche mejora la conservación y propiedades organolépticas al actuar como emulsionante en el queso; asimismo, es considerado agente acidificante y antioxidante (Muñoz *et al.*, 2014). En este sentido, la suplementación con Sc propició incremento ($P < 0.05$; Cuadro 12) de ácido cítrico en la leche de ovejas del tratamiento con 9 g, confiriendo mejores propiedades al producto.

El contenido de caseína determinado en la leche de ovejas de los tratamientos evaluados en el presente estudio es similar al reportado por Milewski *et al.* (2012) cuando se suplementó a ovejas Kamienek con 0 y 50 g de Sc kg⁻¹ MS (4.0 y 4.07 % de caseína, respectivamente). A pesar de no detectarse diferencias en el contenido de caseína en la leche de ovejas de los tratamientos evaluados en el presente estudio, es importante destacar que la leche ovina es la más alta en este nutriente (5.6 %) cuando se compara con la leche de cabra (2.45 %) o la de vaca -2.63 %- (Bidot-Fernández, 2017) y su importancia como compuesto bioactivo se

relaciona con mejora en funciones gástricas y como antitrombótico (Milewski *et al.*, 2012).

La densidad de la leche está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua presentes en la leche (Cuadro 12). Los resultados son similares a los reportados por Yabrir *et al.* (2013) para leche de oveja (1036.78), Kung *et al.* (1997) no encontraron diferencias en la densidad de la leche en vacas Holstein al suplementarlas con 10 y 20 g de Sc

Los resultados obtenidos del perfil de ácidos grasos saturados determinados en la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de Sc se presentan en el Cuadro 13. La concentración de los ácidos cáprico, undecanoico, miristoleico, palmitoleico, heptadecanoico, esteárico y láurico mostraron diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos y/o por periodo de evaluación. En el caso del ácido cáprico, se observó diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) donde los niveles de 3 y 6 g d⁻¹ de Sc incrementaron la concentración de este ácido, y a medida que avanza la lactancia, su concentración disminuye ($P < 0.001$). El ácido undecanoico mostró la mayor concentración ($P < 0.01$) con 9 g durante el primer periodo de evaluación, pero durante el segundo periodo, Sc disminuyó ($P < 0.01$) su concentración. El ácido miristoleico presentó su nivel más alto ($P < 0.001$) con 9 g d⁻¹ de Sc durante el primer periodo de evaluación; en el segundo periodo, la suplementación con la levadura redujo ($P < 0.001$) la concentración de este ácido y en el tercer periodo con 3 g presentó la concentración más alta ($P < 0.001$). Los niveles de palmitoleico disminuyeron ($P < 0.01$) con la suplementación de la levadura y conforme avanzó la lactancia ($P < 0.05$).

Cuadro 13. Perfil de ácidos grasos saturados y monoinsaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Ácido graso/ Periodo [€]	Tratamientos(g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [¢]		
	0	3	6	9		Trat	Pe	Trat x Pe
Cáprico								
P1	3.94 ^{Ca}	5.70 ^{Aa}	4.15 ^{Ba}	3.57 ^{Ca}	0.55	*	**	*
P2	2.62 ^{Cb}	3.92 ^{Aab}	4.15 ^{Aa}	3.26 ^{Bab}				
P3	2.67 ^{Cb}	2.84 ^{Bb}	3.49 ^{Ab}	2.96 ^{Bb}				
Undecanoico								
P1	0.54 ^A	0.42 ^B	0.15 ^D	2.69 ^C	0.76	**	ns	ns
P2	4.47 ^A	0.30 ^B	0.15 ^c	0.39 ^B				
P3	5.92 ^A	0.84 ^B	0.21 ^C	0.25 ^C				
Láurico								
P1	3.26 ^a	3.59 ^a	3.16 ^a	2.70 ^a	0.33	ns	*	ns
P2	2.48 ^b	2.58 ^b	3.16 ^a	2.69 ^a				
P3	2.63 ^b	2.44 ^b	2.59 ^b	2.46 ^{ab}				
Miristoleico								
P1	1.21 ^{Cc}	1.44 ^{Bc}	1.10 ^{Cab}	1.72 ^{Aa}	0.09	***	*	ns
P2	1.46 ^{Ab}	1.38 ^{Bb}	1.19 ^{Ca}	1.32 ^{Bb}				
P3	1.56 ^{Aa}	1.77 ^{Aa}	0.77 ^{Cc}	1.32 ^{Bb}				
Palmitoleico								
P1	1.68 ^A	1.47 ^{AB}	1.43 ^B	1.48 ^B	0.10	**	ns	*
P2	1.43 ^B	1.39 ^{BC}	1.43 ^B	1.60 ^A				
P3	1.65 ^A	1.41 ^B	1.48 ^B	1.38 ^{BC}				
Heptadecanoico								
P1	1.22 ^B	1.09 ^C	1.18 ^{BC}	1.33 ^A	0.12	*	ns	ns
P2	1.46 ^A	1.31 ^B	1.18 ^C	1.30 ^B				
P3	1.27 ^B	1.37 ^A	1.13 ^C	1.28 ^B				
Estearico								
P1	13.19 ^c	13.78 ^c	15.39 ^a	16.70 ^a	1.49	ns	*	*
P2	14.84 ^b	15.33 ^b	15.39 ^a	16.60 ^a				
P3	17.41 ^a	16.41 ^a	14.32 ^b	14.62 ^b				

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech). EEM: Error estándar de la media. [¢]P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (* P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001, ns: no significativo). A, B, C, D: Literales

distintas en la misma hilera indican diferencias (Tukey, $P < 0.05$). a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey, $P < 0.05$).

Asimismo, la concentración de ácido esteárico disminuyó ($P < 0.05$) con la adición de 6 y 9 g d⁻¹ de Sc y a medida que avanzó la lactancia. La concentración de ácido láurico disminuyó ($P < 0.05$) con el transcurso de la lactancia, sin observarse efecto de tratamiento ($P > 0.05$).

Los ácidos grasos saturados mayoritarios encontrados en leche fueron: palmítico (C16:0, ± 30 % del total), esteárico (C18:0; ± 15 %), mirístico (C14:0; ± 10 %), cáprico (C10:0; ± 4 %) y laúrico (C12:0; ± 3 %). Estos ácidos grasos representan más del 60 % del total obtenido en la leche de oveja (Cuadro 13).

Los ácidos grasos saturados caproico, caprílico y cáprico son considerados de cadena media, y el ácido cáprico es de importancia por el sabor y flavor conferido al queso, también es de interés desde el punto de vista nutricional (Chilliard *et al.*, 2014), pues no se ha demostrado efecto sobre los niveles de colesterol en sangre (Parodi, 2004); además, en el cuerpo humano es usado como fuente de energía rápida y esto se relaciona con baja acumulación en tejido adiposo (Parodi, 2006). En este sentido, los incrementos de ácido cáprico observados en el presente estudio con el aporte de 3 y 6 g d⁻¹ de Sc (Cuadro 13) sugieren mejora en la calidad de la leche.

El ácido miristoleico (C14:1) se forma en alta proporción en la glándula mamaria a partir del ácido mirístico (C14:0) por la acción de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa y esto explica en buena medida la disminución de miristoleico (Gómez, 2010) observados al usar Sc en la dieta en este estudio.

En la literatura se ha documentado el incremento de ácido palmitoleico (*cis*-9 C16:1) en leche a expensas de desaturación de los ácido palmítico y esteárico por la acción de la Δ 9-desaturasa (Castillo *et al.*, 2013). En contraste, en el presente estudio la concentración de ácido palmitoleico disminuyó con el uso de la levadura, en tanto que los niveles de palmítico y esteárico no presentaron cambios ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Lo anterior contradice el efecto señalado para Sc, donde se menciona su capacidad para estimular la enzima Δ 9-desaturasa e incrementar los niveles de ácidos grasos insaturados (Ayala-Burgos, 2015).

La suplementación con cultivo de levadura tiene potencial para incrementar el perfil de ácidos grasos de cadena corta y media (C4:0 al C14:0), debido a que estos y la mitad del contenido de ácido palmítico (C16:0) producido en la leche, son sintetizados *de novo* en las células del epitelio mamario, a partir de acetato y β -hidroxibutirato procedentes de la fermentación ruminal (García, 2017). Debido a la capacidad de Sc de modificar la población microbiana ruminal e incrementar la producción de acetato y β -hidroxibutirato (Hui-ling *et al.*, 2013) se podrían esperar cambios en el contenido de estos ácidos grasos; no obstante, en el presente estudio, el aporte de la levadura no afectó su concentración en la leche de ovejas.

Si bien los resultados de este estudio muestran cambios ($P < 0.05$) en las concentraciones de los ácidos grasos: cáprico, undecanoico, miristoleico, palmitoleico, heptadecanoico y esteárico, al suplementar con cultivo de levadura. Las demandas actuales del mercado exigen productos de origen animal altos en ácidos grasos polinsaturados y CLA, deseables por relacionarse con la prevención de enfermedades cardiovasculares (Sánchez-Villegas y Martínez-González, 2013),

diabetes, actuar como antimutagénicos y por potenciar el sistema inmune (Salter, 2013).

El Cuadro 14 presenta los resultados de perfil de ácidos grasos insaturados de la leche de oveja suplementada con diferentes niveles de Sc, en el cual se observan diferencias en el contenido de ácido oleico por efecto de tratamiento ($P < 0.001$) y periodo ($P < 0.05$). Los cambios más importantes implicaron incrementos ($P < 0.001$) de ácido oleico con suplementación de 6 g d^{-1} de Sc; asimismo, se observó disminución en el contenido de este ácido en los Periodos 2 y 3 para los tratamientos con 6 y 9 g ($P < 0.05$).

Asimismo, la suplementación con Sc mostró efecto lineal ($P < 0.005$; Cuadro 15) en la concentración de ácido oleico conforme se incrementó la dosis de la levadura. Cambios por efecto de tratamiento ($P < 0.01$), periodo de evaluación ($P < 0.001$) e interacción tratamiento x periodo ($P < 0.05$) fueron observados en la concentración del ácido docosahexaenoico (DHA; C22:6 n-3) como se muestra en el Cuadro 14. Los niveles más altos ($P < 0.01$) de DHA fueron observados con la suplementación de 6 g d^{-1} de Sc, seguido del aporte de 9 g d^{-1} de Sc. Independientemente del tratamiento, la concentración de DHA incremento ($P < 0.001$) a lo largo de los periodos evaluados. Al realizar los contrastes ortogonales (Cuadro 15) se pudo determinar un efecto cuadrático ($P < 0.05$) por efecto de la suplementación del cultivo de levadura.

Cuadro 14. Perfil de ácidos grasos insaturados y otros (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Ácido graso/ Periodo [€]	Tratamientos(g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [¢]		
	0	3	6	9		Trat	Pe	TratxPe
Oleico								
P1	20.30 ^{Bb}	20.64 ^{Bb}	23.81 ^{Aa}	21.46 ^{ABb}	2.23	**	*	ns
P2	21.13 ^{Ba}	20.86 ^{Bb}	22.84 ^{Ab}	23.27 ^{Aa}				
P3	19.03 ^{Cc}	22.55 ^{Ba}	22.84 ^{Bb}	23.26 ^{Aa}				
DHA								
P1	0.93 ^{Bb}	0.81 ^{BCb}	2.79 ^{Ab}	1.13 ^{Bb}	0.59	**	***	*
P2	0.93 ^{Cb}	1.46 ^{Bb}	2.79 ^{Ab}	1.70 ^{Bb}				
P3	1.12 ^{Da}	3.61 ^{Ba}	4.39 ^{Aa}	2.66 ^{Ca}				
Otros [¥]								
P1	5.05 ^B	4.35 ^C	4.04 ^C	6.2 ^A	1.55	**	ns	ns
P2	6.08 ^A	5.19 ^B	4.04 ^C	3.72 ^D				
P3	6.04 ^A	5.38 ^B	3.85 ^C	2.94 ^D				

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech.). EEM: Error estándar de la media. [¢]P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (* P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001, ns: no significativo). [¥]Comprenden los ácidos grasos no identificados en el perfil lipídico de la leche. A, B, C, D: Literales distintas en la misma hilera indican diferencias (Tukey, P < 0.05). a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias (Tukey, P < 0.05).

En la literatura consultada es escasa la información relacionada con el uso de Sc y su efecto en el perfil de ácidos grasos en la leche de rumiantes. Yalçın *et al.* (2011) reportó aumento del ácido α linolénico (18:3 n-3) mientras que ácidos grasos con 16 carbonos (16:0 y 16:1) tendieron a aumentar y los ácidos grasos de cadena corta (<14:0) a disminuir al aportar dosis alta de levadura en vacas (50 g d⁻¹ de Sc). Asimismo, Bayat *et al.* (2015) observaron aumento en el contenido de Cis-

9 10:1 y disminución en las concentraciones de 11:0 y 24:0 con administración de Sc directa a rumen 10^{10} UFC. En contraste, Zicarelli *et al.*, (2016) no observaron cambios el perfil lipídico de la leche de cabras al administrar 20 g de cultivo de levadura en la dieta. En vacas en pastoreo, la suplementación con Sc no afectó el perfil de los ácidos grasos de la leche (Pierce *et al.*, 2013). Con base a lo anterior, la respuesta al suplementar con cultivo de levadura sobre el perfil de ácidos grasos en leche es variable.

Cuadro 15. Contrastes ortogonales para los ácidos grasos oleico, DHA y otros ácidos grasos insaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Ácido graso	Tratamientos (g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	L	C ²	C ³
	0	3	6	9 g				
Oleico	20.15	21.35	23.16	22.66	0.90	0.005	0.16	0.26
DHA	0.99	1.96	3.32	1.83	0.89	0.15	0.05	0.21
Otros [¥]	5.72	4.97	3.98	4.29	0.88	0.06	0.35	0.54

[£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc¹⁰²⁶, Alltech.). EEM: Error estándar de la media. L: Efecto lineal, C²: Efecto cuadrático, C³: Efecto cúbico. [¥]Comprenden los ácidos grasos no identificados en el perfil lipídico de la leche.

La variabilidad observada en el perfil de ácidos grasos de la leche de rumiantes puede estar relacionada con factores como el manejo de la alimentación y las características de la dieta. Se ha observado que la capacidad de Sc para mejorar y estabilizar las condiciones del ecosistema ruminal, además de incrementar la cantidad y actividad de las poblaciones bacterianas (Pierce *et al.*, 2013), dependen en parte de un efecto sincronizado en la utilización de dicho aditivo

(Sc) en rumen y en el manejo de la alimentación (Gutierrez *et al.*, 2012; Aquilina *et al.*, 2014). Los cultivos de Sc contienen células vivas y muertas y dependiendo del número de células vivas o metabólicamente activas, causan diferentes respuestas en la alimentación y en los productos de los animales (Bayat *et al.*, 2015).

Además, la respuesta a la suplementación con el cultivo de levadura depende de los niveles de Sc aportados al animal y la frecuencia con la que se aporta en la alimentación de los animales (Gutierrez *et al.*, 2012). Fernández (2014) y Zicarelli *et al.*, (2016) refirieron diferencias en las modificaciones ruminales en bovinos y ovinos-caprinos, cuando se aportó el suplemento dos veces al día, demostrando que la dosis y frecuencia de oferta de Sc afecta la respuesta a la inclusión. Por otra parte, Baiomy (2011) corroboró en sus experimentos que las levaduras aumentan el flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado, pero que esta proteína extra sólo sería beneficiosa en situaciones donde es deficiente la dieta, como ocurrió en el presente estudio.

El ácido oleico (cis-9 C18:1) es uno de los ácidos grasos más altos en la grasa de la leche de oveja (Cuadro 14) y se origina por su aporte en la dieta, por la desaturación del ácido esteárico (C18:0) en glándula mamaria mediante la acción de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa o por la movilización de las reservas corporales (Chilliard y Ferlay, 2004; Gómez., 2010). Congruente con lo anterior, el incremento de ácido oleico observado con 6 y 9 g se relaciona con los cambios en la concentración de ácido esteárico (Cuadro 14).

El ácido *cis*-9, *trans*-11 C18:2 es el isómero más importante del CLA, desde el punto de vista cuantitativo y por sus efectos sobre la salud humana (Salter, 2013; Sanchez-Villegas y Martínez-González, 2013). Su contenido en grasa de leche ovina representa entre 78 y 89 % del total del CLA (Antongiovanni *et al.*, 2004); sin embargo, en el presente estudio se registró baja presencia de *cis*-9, *trans*-11 C18:2 en el perfil de ácidos grasos analizado lo cual limitó su detección.

La presencia de DHA en la leche es de gran interés por sus potenciales beneficios para la salud (Salter, 2013). El contenido de este ácido graso en las dietas tradicionales de rumiantes es mínimo; sin embargo, el empleo de materias primas ricas en estos ácidos grasos está cobrando gran interés en la actualidad. Aunque numerosos estudios han demostrado que DHA es extensivamente metabolizado en rumen, los mecanismos responsables y los intermediarios son aún desconocidos (Shingfield *et al.*, 2010). Sin duda alguna, el incremento en la concentración de DHA es causado por la suplementación con Sc siendo un punto de mejora en la calidad de la leche ovina en este estudio. La fase de lactancia también afecta al perfil de ácidos grasos de la leche de oveja, de esta manera, al inicio de la lactancia los ácidos grasos que llegan a la glándula mamaria procedentes de la movilización del tejido adiposo de reserva, son ácidos grasos de cadena larga, mayoritariamente palmítico, esteárico y oleico (Chilliard y Ferlay, 2004) los cuales representan 48% en la leche de oveja (Bauman y Griinari, 2001; Ordoñez *et al.*, 2004), similar a lo observado en presente estudio (Cuadro 13 y 14).

El perfil de ácidos grasos determinado en la presente investigación sugiere que la suplementación con Sc tuvo cierta influencia en el metabolismo animal, ya

sea en lipólisis ruminal, biohidrogenación, síntesis de lípidos microbianos o como un efecto epigenético (Estrada *et al.*, 2013). Carta *et al.* (2008) han señalado que el gen SCD (enzima stearoyl-CoA desaturasa o $\Delta 9$ -desaturasa), modula el proceso de biosíntesis de los ácidos grasos insaturados, es responsable de la variación de los fenotipos observados en relación con el perfil de ácidos grasos de la leche de oveja. Un estudio preliminar evidenció la capacidad de la levadura de Sc para afectar la expresión de la enzima SCD en músculo de corderos (Gloria, 2017). Lo anterior, sugiere que Sc también afecta la actividad de la $\Delta 9$ -desaturasa en glándula mamaria, al observarse en el presente estudio mayores concentraciones de ácido oleico y DHA cuando se suplementa con el cultivo de levadura.

VII.CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* no tiene efecto en la producción y composición química (grasa, proteína, sólidos totales, caseína, lactosa, acidez, sólidos no grasos y densidad) de la leche ovina, a excepción del incremento en la concentración de ácido cítrico.

No obstante, Sc mejora el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados como cáprico, undecanoico, miristoleico, palmitoleico, heptadecanoico y esteárico, pero el mejor resultado fue el incremento en la concentración de ácidos grasos insaturados como oleico y docosahexaenoico (DHA) con 6 g de Sc en la dieta.

VIII. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados de esta investigación se recomienda la adición de 6 g animal⁻¹ d⁻¹ de Sc para mejorar el perfil lipídico de leche de ovejas en un sistema de producción orgánica.

Asimismo, es necesario realizar mayor investigación relacionada con el efecto que pueda ejercer la suplementación de *S. cerevisiae* como un factor epigenético en la actividad de la enzima SCD, la cual modula el perfil de ácidos grasos insaturados presentes en la leche.

IX. LITERATURA CITADA

- Adámez, P. A., del Agua, N. C. 2012. Producción y calidad de leche de ovino. *Ganadería*. 81: 20-23.
- Aquilina, G., Bampidis, V., Bastos, M., Guido, L., Flachowsky, G., Gralak, M. 2014. Scientific Opinion on the Safety and Efficacy of Yea-Sacc® (*Saccharomyces cerevisiae*) as a Feed Additive for Cattle for Fattening, Goats for Fattening, Dairy Cows, Dairy Sheep, Dairy Goats and Buffaloes. *EFSA Journal*. 12(5): 66-81.
- AMCO, 2015, Catálogo de razas ovinas. [archivo PDF]. Recuperado de: http://uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf. Consultado el :15/03/17.
- Andrade, R. I. M., Velástegui, E. L. V., Muñoz, J. M. V., Espín, J. E. S. 2017. Granjas Agrosostenibles–Sustentables. *Uniandes Episteme*. 4(2): 248-262.
- Ángeles H. J. C., Pérez H. A. H., Malcher P. R. J., González R. M. 2014. Producción orgánica de leche de oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17(1): 49-62.
- Angelov, L., Tsvetkova, V., Jahreis, G. 2011. Influence of different selenium and iodine offer during the grazing period of sheep on the milk yield, milk performance and daily protein, fat and lactose secretion. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17(2): 139-144.

- Angelovičová, M., Liptaiová, D., Močár, K., Štofán, D. 2011. Sheep's milk, production and welfare in rearing of sheep. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 44(2): 397-402.
- Angulo, J., Mahecha, L., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Dannenberger, D., Olivera, M., Bernard, L. 2012. Effects of polyunsaturated fatty acids from plant oils and algae on milk fat yield and composition are associated with mammary lipogenic and SREBF1 gene expression. *Animal Science*. 6(12): 1961-1972.
- Antongiovanni, M., Mele, M., Buccioni, A., Petacchi, F., Serra, A., Melis, M. P., Secchiari, P. 2004. Effect of forage/concentrate ratio and oil supplementation on C18:1. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 13(1): 669-672.
- AOAC, 2015. *Official Methods of Analysis (16 th ed.)* Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arambel, M. J., Kent, B. A. 1990. Effect of Yeast Culture on Nutrient Digestibility and Milk Yield Response in Early-to Midlactation Dairy Cows^{1, 2}. *Journal of Dairy Science*. 73(6):1560-1563.
- Arteaga C. J. D. 2012. Mensaje institucional en el acto inaugural del VII. Foro Ovino del Estado de México. INIFAP. ICAMEX. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1419>. Consultado el: 02/02/2018.

- Ayala-Burgos, A. J. 2015. Alternativas nutricionales para incrementar la productividad y la calidad de la carne y de la leche de los rumiantes en el trópico. [archivo PDF]. Recuperado de: doi10.13140/RG.2.1.5051.5920.
- Baiomy, A. A. 2011. Influence of live yeast culture on milk production, composition and some blood metabolites of ossimi ewes during the milking period. *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. 1(2): 158-167.
- Barboza, C. S., Cucunubo, L. G., Smulders, J. P., Wittwer, F., Noro, M. 2014. Indicadores energeticos de vacas lecheras a pastoreo en periodo de transicion y lactancia temprana con alta o moderada condicion corporal preparto. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 24(1): 73-83.
- Bauman, D. E., Griinari, J. M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*. 70(1-2): 15-29.
- Bauman, D. E., McGuire, M.A., and Harvatine, K. J. 2011. Mammary gland, milk biosynthesis and secretion. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Fuquay, J. W., Fox, P. F., and McSweeney, P. L. H. (eds.). Elsevier, London, UK. pp. 352-358.
- Bayat A. R., P. Kairenius, T. Stefański, H. Leskinen, S. Comtet-Marre, E. Forano. F. Chaucheyras-Durand, K. J. Shingfield. 2015. Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen

fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*. 98(5): 3166-3181.

Bernard, L., Leroux, C., Rouel, J., Bonnet, M., Chilliard, Y. 2012. Effect of the level and type of starchy concentrate on tissue lipid metabolism, gene expression and milk fatty acid secretion in Alpine goats receiving a diet rich in sunflower-seed oil. *British Journal of Nutrition*. 107:1147-1159.

Bernard, L., Leroux, C., and Chilliard, Y. 2013. Expression and nutritional regulation of stearoyl-CoA desaturase genes in the ruminant mammary gland: relationship with milk fatty acid composition. In: *Stearoyl-CoA desaturase genes in lipid metabolism*. Ntambi, J. M. (ed.). Springer Science Business Media, New York, USA. pp. 161-193.

Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Santos-Silva, J. 2015. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 177: 1325–1344.

Bichi, E. 2016. Síntesis endógena de ácidos grasos en la glándula mamaria y síndrome de baja grasa en la leche en ovejas. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/129073>. Consultado el: 05/06/18.

Bidot-Fernández A. 2017. Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Revista Producción Animal*. 29 (2): 32-41.

Bionaz, M., Loor, J. J. 2008. Gene networks driving bovine milk fat synthesis during the lactation cycle. *BMC Genomics* 9:366-366

Blanco, C. 2017. Desarrollo de nuevos sistemas de alimentación y estrategias productivas para la producción de carne de ovino. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/149002>. Consultado el: 03/04/18

Boggero C. A. 2012. Evaluación del suministro de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación y su efecto sobre la producción y composición de leche de ovejas de raza Pampinta. Tesis de maestría. Universidad nacional Del Litoral, Facultad De Ciencias Veterinarias. Argentina. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/handle/11185/454>. Consultado el: 15/05/17.

Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G., Cabiddu, A. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*. 174(1-2): 1-25.

Busetti, M. R. 1999. Lechería ovina y aptitud lechera la raza Pampinta. *Bol. Divulgación Técnica (INTA-Anguil)* 63: 61-72.

CAEE, 2000. Produccion ovina orgánica. [archivo PDF]. Recuperado de: <https://www.caae.es/>. Consultado el: 06/07/17.

Caja, G., González, E., Flores, C., Carro, M. D., Albanell, E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. *Avances en nutrición y alimentación animal*. Fira de Barcelona,

España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
Barcelon, España. pp: 193-214.

Calvo, M. V., Gómez, M. C., Serrano, A. G., Alcalà, L. R., Juárez, M., Alonso, J. F.
2014. Grasa láctea: una fuente natural de compuestos bioactivos. ANS.
Alimentación, Nutrición y Salud. 21(3): 57-63.

Calvo L., J. H., Blanco A., M., Dervishi, E., Ripoll G., G., González C., L., Aured, S.,
Joy T., M. 2017. Nutrigenómica aplicada a la calidad del ternasco de
Aragón. Tecno Carne. 4(1): 64-71.

Carreño, D., Hervás, G., Toral, P. G., Castro-Carrera, T., Frutos, P. 2016. Fish oil-
induced milk fat depression and associated downregulation of mammary
lipogenic genes in dairy ewes. Journal of Dairy Science. 99(10): 7971-7981.

Carreño, D. 2018. Suplementación de la dieta de ovejas lecheras con taninos o
lípidos marinos: efecto sobre la biohidrogenación y el microbioma bacteriano
ruminal, y la regulación transcripcional de la lipogénesis mamaria. [archivo
PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/163812>. Consultado
el:06/10/17.

Carrillo, S., Elizabeth, M. 2017. Evaluación del efecto de levaduras *saccharomyces
cerevisiae* sobre la producción láctea en vacas lecheras en el Cantón La
Maná Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas. [archivo PDF].
Recuperado de: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6776>. Consultado
el: 06/10/18.

- Carta, A., Casu, S., Usai, M. G., Addis, M., Fiori, M., Fraghi, A., Sechi, T. 2008. Investigating the genetic component of fatty acid content in sheep milk. *Small Ruminant Research*. 79(1): 22-28.
- Castillo, V., Olivera, A., Carulla, F. 2013. Description of the biochemistry mechanism of polyunsaturated fatty acid ruminal biohydrogenation: a review. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 16(2): 459-468.
- Castillo, J. A, Pabón L. M., Olivera M., Carulla E. J. 2015. Role of stearoyl CoA desaturase on conjugated Linoleic acid concentration in bovine milk: review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 23(4): 493-500.
- Castro, C., T., Frutos, P., Leroux, C., Chilliard., Y., Hervás, G., Belenguer, A., Bernard, L., Toral, P. G. 2015. Dietary sunflower oil modulates milk fatty acid composition without major changes in adipose and mammary tissue fatty acid profile or related gene mRNA abundance in sheep. *Animal* 9: 582-591.
- Chaverra, L., A. 2018. Evaluación del uso del sistema de producción ganadero intensivo limpio con pastoreo racional voisin (PRV) en zona de ladera, sobre las características químicas y biológicas del suelo. Estudio de caso: finca Bendavales–Municipio de Versalles-Valle del Cauca. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/3284>. 15/06/2018.

- Chilliard, Y., Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*. 44(5): 467-492.
- Chilliard, Y., Toral, P. G., Shingfield, K. J., Rouel, J., Leroux, C., Bernard, L. 2014. Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat. A short review. *Small Ruminant Reserch* 122: 31-37.
- Cuenca C. M. 2018. *Saccharomyces cerevisiae* sobre los parámetros productivos de cabras Saanen - *Saccharomyces cerevisiae* on the productive parameters of Saanen goats. *Rev. Electrónica de Veterinaria*. 19(6): 1-10. www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060618.html. Consultado el: 15/11/18.
- Cruz M., R. G., Ramírez M., M., Lira C., R., Ramírez B, E. 2017. Perfil de los ácidos grasos y sus modificaciones en la calidad de la carne de los bovinos. *Agroproductividad*. 10(10): 28-37.
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., Sauvant, D. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 92(4): 1620-1632.
- DeVries, T. J., Chevaux, E., 2014. Modification of the feeding behavior of dairy cows through live yeast supplementation. *Journal of Dairy Science*. 97(10): 6499-6510.

- Dilzer, A., Park, Y. 2012. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 52(6): 488-513.
- Edwards, H. D., Anderson, R. C., Taylor, T. M., Miller, R. K., Hardin, M. D., Nisbet, D. J., Smith, S. B. 2013. Interactions between oil substrates and glucose on pure cultures of ruminal lipase-producing bacteria. *Lipid*. 48(7): 749-755.
- El-Ghani, A. A. 2004. Influence of diet supplementation with yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance of Zaraibi goats. *Small Ruminant Research*. 52(3): 223-229.
- Elhadi, A., Minh, L. D. T., Saldo, J., Toral, P. G., Hervás, G., Frutos, P., Caja, G., 2017. Efectos de la relación forraje a concentrado en ovejas lecheras. 2. Perfil lipídico y rendimiento quesero. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/151196>. Consultado el: 10/10/18.
- Estrada O., Molino F., Joy M, Ariño A. Juan T. 2013. Composición en ácidos grasos de la leche de oveja Assaf y modificación en el perfil de ácidos grasos libres del queso de Teruel durante la maduración. AIDA 2013 XV Jornadas sobre Producción Animal. [archivo PDF]. Recuperado de: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2284/1/2013_148.pdf. Consultado el: 20/06/17.
- Erasmus, L. J., Robinson, P. H., Ahmadi, A., Hinders, R., Garrett, J. E. 2005. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of

multiparous dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 122(3-4): 219-239.

FAO, 2015. Leche en cifras. [archivo PDF] Disponible en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/273897/>. Consultado el: 27/02/17.

FAOSTAT. 2014 División estadística [archivo PDF], Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/>. Consultado el: 2/05/2018.

FEAGAS, Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto. 2012. Razas ovino. Disponible en: <http://www.feagas.com/index.php/es/razas/especie-ovina>. Consultado el: 27/02/17.

Feng, S., Lock, A. L., Garnsworthy, P. C. 2004. A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *Journal Dairy Science*. 87: 3785–3788.

Fernández, A. 2014. El uso de aditivos para optimizar la función ruminal en vacuno lechero. *Revista AgriNews*. 12 (1): 20-17. [archivo PDF]. Recuperado de: <https://agrinews.es/2014/01/08/uso-aditivos-para-optimizar-funcion-ruminal-vacuno-lechero/#prettyPhoto>. Consultado el: 27/02/17.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. 2000. Cheese flavor. *Fundamentals of Cheese Science*. J. Colilla, (ed). Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, USA. pp. 236-278.

- Frutos, P., Toral, P. G., Ramos-Morales, E., Shingfield, K. J., Belenguer, A., Hervás, G. 2014. Oral administration of cobalt acetate alters milk fatty acid composition, consistent with an inhibition of stearoyl-coenzyme A desaturase in lactating ewes. *Journal of Dairy Science*. 97: 1036-1046.
- Frutos, F., P., Toral, P. G., González, M. P. L., Angulo, G. H., Mantecón, Á. R., 2016. Mejora de la calidad de la grasa láctea en sistemas intensivos de producción de ovino lechero. *Tierras. Ovino*. (14): 46-55.
- Gagliostro, G. A., Antonacci, L. E., Carabajal, A., Plavan, J. M. L., Crujeira, Y. 2018. Obtención de leche bovina reducida en grasa saturada y naturalmente enriquecida en ácido linoleico conjugado. *INNOTEC*. (15): 37-43.
- Galindo, J., Elías, A., Marrero, Y., González, N., Sosa, A. 2017. Ruminant activators, general features and their advantages for feeding ruminants. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51(1): 11-23.
- Gaona, R. C., Orozco, A. C., Burbano, G. L. Z., Cordoba, P. A. O. 2018. Alteraciones bioquímicas y metabólicas en el periodo de transición en vacas lecheras. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 9(2): 165-179.
- García, A. C. 2017. Adición de lípidos ricos en ácidos grasos omega-3 a la ración de cabras lecheras: efectos sobre la producción y la evolución de la composición de la leche (Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba). [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10396/14977>. Consultado el: 13/10/18.

- Glasser, F., Ferlay, A., Doreau, M., Schmidely, P., Sauvant, D., Chilliard, Y. 2008. Long-chain fatty acid metabolism in dairy cows: a meta-analysis of milk fatty acid yield in relation to duodenal flows and *novo* synthesis. *Journal of Dairy Science*. 91: 2771-2785.
- Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., Bocquier, F., Schmidely, P. 2013. Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca, cabra y oveja. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(3): 197-213.
- Gloria, T. A. 2017 Expresión de la proteína estearoil-coa desaturasa en corderos complementados con *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 80 p.
- Gómez, C., P. 2010. Efecto de la suplementación de la dieta ovina con distintas fuentes lipídicas sobre el perfil de ácidos grasos de la leche (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones). [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/101516>. Consultado el: 20/09/17.
- Gutiérrez, D., Elías, A., García, R., Herrera, F., Jordán, H., Sarduy, L. 2012. Influencia de un aditivo microbiano en el consumo voluntario de materia seca, fibra neutro detergente e indicadores de la fermentación ruminal de cabras alimentadas con heno de *Brachiaria brizantha*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 46(2): 211-216.

- González G., R., Blardony-Ricardez, K., Ramos-Juárez, J. A., Ramírez-Hernández, B., Sosa, R., Gaona-Ponce, M. 2013. Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17(1): 34-47.
- Guzmán E. L., Tejada, C., De La Ossa, M., Johana, Y., Augusto Rivera, C. E. S. A. R. 2015. Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 13(1): 139-147.
- Haenlein, G. F., Wendorff, W. L. 2006. Sheep milk. *Handbook of milk of non-bovine mammals*. [archivo PDF]. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch7>. pp 137-194. Consultado el:11/03/17.
- Helal, F. I. S., K. A. Abdel-Rahman. 2010. Productive performance of lactating ewes fed diets supplementing with dry yeast and/or bentonite as feed additive. *World Journal of Agricultural Science*. 6(5): 489-498.
- Hilali, M., El-Mayda E., Rischkowsky, B. 2011. Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. *Small Ruminant Reserch*. 10: 92-101.
- Hui-ling, M., M. Hua-long, J. K. Wang, J. X. Liu, I. Yoon. 2013. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on *in vitro* fermentation and microbial communities of low-quality forages and mixed diets. *Journal Animal Science* 91: 3291–3298.

Hurtado, M. G. 2014. Recepción y almacenamiento de la leche y otras materias primas. INAE0209. IC Editorial. pp. 315-341.

Hussein, M., Harvatine, K. H., Weerasinghe, W. M. P. B., Sinclair, L. A., Bauman, D. E. 2013. Conjugated linoleic acid-induced milk fat depression in lactating ewes is accompanied by reduced expression of mammary genes involved in lipid synthesis¹. *Journal of Dairy Science*. 96(6): 3825-3834.

INEGI. 2018. Territorio Nacional. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/default.aspx?tema=T>. Consultado el: 10/10/18.

Jacobs, A. A. A., Dijkstra, J., Liesman, J. S., Vandehaar, M. J., Lock, A. L., van Vuuren, A. M., van Baal, J. 2013. Effects of short-and long-chain fatty acids on the expression of stearoyl-CoA desaturase and other lipogenic genes in bovine mammary epithelial cells. *Animal*. 7(9): 1508-1516.

Jaramillo Bonilla, D. 2017. Implementación de buenas prácticas ovinas en la hacienda La Lyda, municipio de Holguín (Valle). [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10185/20801>. Consultado el:05/05/18.

Jenkins, T. C. 2010. Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. *Journal of Dairy Science*. 93(3): 1170-1174.

Ku Vera, J. C., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., Ramírez, L. 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes

en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48(1): 13-59.

Kuchtik, J., Sustova, K., Urban T., Zapletal, D., 2008. Effect of stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *C. Journal Animal Science*. 53: 55-63.

Kung, L., Kreck, E. M., Tung, R. S., Hession, A. O., Sheperd, A. C., Cohen, M. A., Leedle, J. A. Z. 1997. Effects of a live yeast culture and enzymes on in vitro ruminal fermentation and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80(9): 2045-2051.

Ledda, A., Santis, A. D. 2000. Situación en Italia del recuento de células somáticas en la leche de oveja y estrategias de control. *Revista Mensual de las Industrias Lácteas Españolas*. (261): 34-39.

Lengi, A. J., Corl, B. A. 2007. Identification and characterization of a novel bovine stearoyl-CoA desaturase isoform with homology to human SCD5. *Lipids*. 42(6): 499-508.

Lestingi, A., Facciolongo, A.M., De Marzo, D., Nicastro, F., Toteda, F. 2015. The use of *Faba bean* and sweet Lupin seeds in fattening lamb feed. 2. Effects on meat quality and fatty acid composition. *Small Ruminant Research*. 131: 2-5.

Loor, J. J., Bionaz, M., and Drackley, J. K. 2013. Systems physiology in dairy cattle: nutritional genomics and beyond. *Annu. Review Animal Biosciences*. 1: 365-392.

Lozano, R. G. R. 2017. *Principios de nutrición de rumiantes*. Edit. Palibrio. Argentina. 380 p.

Lurueña, M. M. Á. 2010. Efecto de la raza y del recuento de células somáticas sobre la calidad del queso de oveja. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10366/76484>. Consultado el: 13/02/17.

Majul D., L., Plácido P., B. 2015. Evaluación de la concentración de ácidos grasos en calostro, leche y músculo de corderos nacidos de madres suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados de larga cadena. [archivo PDF]. Recuperado de: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/10277/1/FV-31610.pdf>. Consultado el: 02/05/17.

Malekhhahia M., A. M. Tahmasbia, A. A. Naseriana M., D., M., J., L., Kleenb, O., A., I. Zahalc, M., H. Ghaffaria. 2016. Effects of supplementation of active dried yeast and malate during sub-acute ruminal acidosis on rumen fermentation, microbial population, selected blood metabolites, and milk production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 213: 29-43.

- Malmuthuge, N. 2017. Understanding host-microbial interactions in rumen: searching the best opportunity for microbiota manipulation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(1): 8-18.
- Mao, H. I., Mao H. I., Wang J. K., Liu J. X., Yoon I. 2013. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on *in vitro* fermentation and microbial communities of low-quality forages and mixed diets. *Journal Animal Science*. 91(7): 3291–3298.
- Marín, A. L. M., Sánchez, N. N., Sigler, A. I. G., Blanco, F. P., García, V. D., Ruipérez, F. H. 2015. Meta-análisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 50(9): 821-828.
- Martínez, B., A., Moya C., S. Y., González R., H., Hernández, J., Pinelli S., A. 2010. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de ganado lechero Holstein estabulado en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3): 221-235.
- Martínez, V. A., Villoch C. A., Ribot E. A., Montes de O., N., Riverón A. Y., Ponce C. P. 2015. Calidad e inocuidad en la leche cruda de una cadena de producción de una provincia occidental de Cuba. *Revista de Salud Animal*. 37(2): 79-85.
- Mašek, T., Mikulec Ž., Valpotić H., Antunac N., Mikulec N., Stojević Z., Filipović N., Pahović S. 2008a. Influence of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on milk production and composition, and blood biochemistry of grazing dairy ewes during the milking period. *Acta Veterinaria BRNO*. 77: 547-554.

- Mašek, T., Z. Mikulee, H. Valpotic, L. Kusce, N. Mikulee, N. Antunac. 2008b. The influence of live yeast cell (*Saccharomyces cerevisiae*) on the performance of grazing dairy sheep in late lactation. *Veterinarski Archiv*. 78(2): 95-104.
- Mataix, F.J., Gil A. 2004. Libro Blanco de los Omega-3. Editor: Puleva Food, Fundación Puleva. Granada, España. 257 p.
- Mazzucco, P. J., Goszczynski, E. D., Ripoli, V. M., Melucci, M. L., Pardo, M. A., Colatto, E., Rogberg-Muñoz, A., Mezzadra, C. A., Depetris, G. J., Giovambattista, G., Villarreal, E. L. 2016. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Science*. 114: 121–129.
- McCarthy, O. J. 2011. Physical and physico-chemical properties of milk. In: *Encyclopedia of dairy Sciences*. Fuquay, J. W., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. (eds.). Academic Press, San Diego, CA, USA. pp. 665-669.
- McManaman, J. L., Russell, T. D., Schaack, J., Orlicky, D. J., Robenek, H. 2007. Molecular determinants of milk lipid secretion. *Journal Mammary Gland Biology Neoplasia* 12: 259-268.
- Mierlita, D. 2015. Effect of forage preservation method on the fatty acids profile and health lipid indices in the sheep's milk. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie și Tehnologii de Industrie Alimentară*. 14(B): 317-323.

- Milewski S., Sobiech P., Zbek K., Arczyńska K., Antoszkiewicz Z., Wielgosz-Groth Z. 2012. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast on milk protein content and composition and serum mineral concentrations in sheep. *Journal. Elementology*. 17(1): 79–86.
- Moon, C. D., Pacheco, D. M., Kelly, W. J., Leahy, S. C., Li, D., Kopečný, J., Attwood, G. T. 2008. Reclassification of *Clostridium proteoclasticum* as *Butyrivibrio proteoclasticus* comb. nov., a butyrate-producing ruminal bacterium. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 58(9): 2041-2045.
- Morantes, M., Dios-Palomares, R., Peña, M. E., Rivas, J., Angón, E., Perea, J., García-Martínez, A. 2014. Incidencia de las características del ganadero en su labor gerencial: un estudio en los sistemas de producción con ovinos de leche en Castilla-La Mancha, España. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 24(3): 224-233.
- Mueller, J. 2017. Programas de mejora genética de rumiantes menores basados en comunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 25(1-2): 59-73.
- Muñoz-Villa, A., Sáenz-Galindo, A., López-López, L., Cantú-Sifuentes, L., Barajas-Bermúdez, L. 2014. Ácido cítrico: compuesto interesante citric acid: interesting compound. *Revista Científica*. 6(12): 348-359.

- Ntambi, J. M., Miyazaki, M. 2004. Regulation of stearoyl-CoA desaturases and role in metabolism. *Progress in Lipid Research*. 43(2): 91-104.
- Núñez-Torres, O. P., Almeida-Secaira, R. I., Rosero-Peñaherrera, M. A., Lozada-Salcedo, E. E., Kelly-Alvear, G. E. 2018. Comportamiento productivo y calidad de la leche en bovinos (*Bos taurus*) utilizando un probiótico natural. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 4(2): 128-136.
- Oliszewski, R. 2016. Caracterización composicional, física-química y microbiológica de leche de vaca de la cuenca de Trancas. *Revista Argentina de Producción Animal*. 36(1): 31-39.
- Oliveira, A. M., Alves, P. S., Santos-Silva, J., Bessa J. B. R. 2016. Effects of clays used as oil adsorbents in lamb diets on fatty acid composition of abomasal digesta and meat. *Animal Feed Science and Technology*. 213: 64–73.
- Ordóñez, A. I., Torre, P., Ibáñez, F. C., Larráyo, P., Castiella, M. 2004. Efecto de la disminución de la grasa de la leche de oveja sobre el contenido de colesterol en el queso. *Grasas y Aceites*. 55(2): 122-128.
- Pacsi, C., Jairo, R. 2017. Efecto de la suplementación de leche artificial en la ganancia de peso vivo en corderos criollos. [archivo PDF]. Recuperado de: URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6052>. Consultado el: 19/10/18.
- Palmquist, D. L., Jenkins, T. C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*. 81(12): 3250-3254.

- Palmquist, D. L., Stelwagen, K., Robinson, P. H. 2006. Modifying milk composition to increase use of dairy products in healthy diets. *Animal Feed Science and Technology*. 3(131): 149-153.
- Park, Y. W., Juarez, M., Ramos M., Haenlein, G. F. W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68: 88-113.
- Parodi, P. W., 2004. Milk fat in human nutrition. *Aust. Journal of Dairy Technology*. 59: 3-9.
- Parodi, P. W. 2006. Nutritional significance of milk lipids. *Advanced Dairy Chemistry, Vol 2. Lipids*, 3^a ed. P.F. Fox PLH. McSweeney, Springer; EEUU. pp. 601-639.
- Partida, de la P. J. A., Braña V. D., Jiménez S. H., Ríos R. F. G., Buendía R. G., 2013. Producción de carne ovina. Libro técnico N° 5. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ajuchitlán, Qro. pp. 5-29.
- Patiño, E. M., Lértora, J. W., Villordo, G. I., Valenzuela, K. M., Sánchez-Negrette, M. 2017. Perfil de ácidos grasos en leche de búfalas alimentadas con pastura natural y suplementadas con aceites de girasol y pescado. *Revista Veterinaria*. 28(1): 19-26.
- Peña, S., Lopez, G., Martínez, R., Abbiati, N., Castagnasso, E., Giovambattista, G., Genero, E. 2013. Características zoométricas de ovinos criollos de cuatro

regiones de la Argentina. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA. 3: 174-181.

Pérez, G. R. 2017. Influencia de la vitamina E (natural vs. sintética) en dietas enriquecidas con ácido α -linolénico sobre la producción y composición de la leche de oveja. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28367>. Consultado el: 10/10/18.

Peris, D., Belloch, C., Lopandić, K., Álvarez-Pérez, J.M., Querol, A., Barrio, E., 2012. The molecular characterization of new types of *Saccharomyces cerevisiae* X *S. kudriavzevii* hybrid yeasts unveils a high genetic diversity. *Yeast* 29: 81–91. doi:10.1002/yea.2891.

Pierce, K. M., Alibrahim, R. M., Palladino, R. A., Whelan, S. D. J., Mulligan, F. J. 2013. Effect of timing of introduction to pasture post calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk fatty acid profiles in early lactation dairy cows. *Food Nutrition Science*. 4: 45-50.

Plazas, V. M. A. 2014. El bienestar animal en sistemas productivos de ovinos-caprinos en Colombia. *Spei Domus*. 10(21): 57-62.

Poppy, G. D., A. R. Rabiee, I. J. Lean, W. K. Sanchez, K. L. Dorton, P. S. Morley. 2012. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95: 6027–6041.

- Prieto, M. E. 2015. Efecto de la suplementación con aceites vegetales a vacas pastoreando con/sin sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena* sobre los ácidos grasos en la leche y la producción de metano *in vitro*. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10495/3521>. Consultado el: 15/03/17.
- Prieto, M., E., Vargas S., J. E., Angulo A., J., Mahecha L., L. 2017. Vegetable oils on *in vitro* fatty acids and methane production in dairy cows. *Agronomía Mesoamericana*. 28(1):1-18.
- Ramesh, T.; Kalaiselvam M. 2011. An experimental study on citric acid production by *Aspergillus niger* using *Gelidiella acerosa* as a Substrate. *Indian Journal of Microbiology*. 51: 289–293.
- Rodriguez-Cruz, M., Tovar, A. R., Palacios-González B., del Prado, M., Torres, N. 2006. Synthesis of long-chain polyunsaturated fatty acids in lactating mammary gland: role of $\Delta 5$ and $\Delta 6$ desaturases, SREBP-1, PPAR α , and PGC-1. *Journal Lipid Reserch*. 47: 553-560.
- Rodriguez, C. E., Saavedra, G. F., Gómez, D. F. 2015. Efecto de la etapa de lactancia sobre la calidad fisicoquímica de leche en vacas de raza Holstein y Normando. *Zootecnia Tropical*. 33(1): 23-36.
- Rodríguez-López, L., Frutos, P., Toral, P. G., Mendoza, A. G., Fernández Gutiérrez, M., Hervás, G. 2017. Depresión de la grasa láctea en ovejas que consumen lípidos de origen marino: 2 ¿Puede la abundancia de ARNm de genes implicados en la lipogénesis mamaria explicar la variación individual? [archivo

PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/151258>. Consultado el: 10/10/18.

Ruan, S. F. 2017. 50 años de etnomicología en México. *Lacandonia*. 1(1): 97-108.

Ruiz, J. F., Cerón-Muñoz, M. F., Barahona-Rosales, R., Bolívar-Vergara, D. M. 2017. Caracterización de sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables ambientales y sociales asociadas a la sustentabilidad. *Livestock Research for Rural Development*, 29(1). [archivo PDF]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Rolando_Barahona_Rosales/publication/312022816_Caracterizacion_de_sistemas_de_produccion_bovina_de_leche_segun_el_nivel_de_intensificacion_y_su_relacion_con_variables_ambientales_y_sociales_asociadas_a_la_sustentabilidad/links/5869c0a108aebf17d3a3a9f2/Caracterizacion-de-sistemas-de-produccion-bovina-de-leche-segun-el-nivel-de-intensificacion-y-su-relacion-con-variables-ambientales-y-sociales-asociadas-a-la-sustentabilidad.pdf. Consultado el: 03/06/17.

Salter A.M. 2013. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal*. 7:163-171.

Sánchez, R. A., Soria, R. G. 2015. Recuento de células somáticas en leche de oveja Manchega. *Tierras. Ovino*. 10: 26-30.

Sanchez-Villegas, A., Martinez-Gonzalez, M. A. 2013. Diet, a new target to prevent depression? *BMC Medicine*. 11: 3-6.

SAS Institute. 2013. SAS version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee, G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*. 73(1): 29-41.

Shingfield, K. J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., Givens, D. I. 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv. Springer*, New York, NY. USA. 606: 3-65. [archivo PDF]. Recuperado de: DOI https://doi.org/10.1007/978-0-387-74087-4_1.

Shingfield, K. J., Bernard, L., Leroux, C., and Chilliard, Y. 2010. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* 4: 1140-1166.

Shingfield, K., Wallace, R. J. 2014. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Conjugated linoleic acids and conjugated vegetable oils/Edited by Bert Sels and An Philippaerts*. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1039/9781782620211-00001>.

Soryal, K., Beyene, F. A., Zeng, S., Bah, B., Tesfai, K. 2005. Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Small Ruminant Research*. 58(3): 275-281.

Statsenko, L., Guharay, F. 2015. Procesamiento de leche y elaboración de productos lácteos. [archivo PDF]. Recuperado de: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70088/Manual_de_procesamiento_de_productos_lacteos_CRS_USDA_CRS_2015.pdf?sequence=4.

Consultado el: 13/02/17.

- Stazionati, M. F. 2017. Caracterización genética cuantitativa y molecular de la producción de leche y mastitis en ovinos Pampinta (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Veterinarias). [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10915/64418>. Consultado el: 25/06/18.
- Suárez V. H., Buseti M. R. 2004. Lechería ovina en la Argentina. INTA-Anguil Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 195-204.
- Suárez, V. H., Martínez, G. M., Bertoni, E. A., Neder, V., Calvino, L. F., Alfaro, J. R., Alfaro, E. J. 2017. Efecto de la rutina de preparación de las ubres preordeño de caprinos sobre la contaminación bacteriana de la leche. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 18(1): 1-10.
- Suárez-Vega, A., Gutiérrez-Gil, B., Arranz, J. J. 2017. Characterization of long non-coding RNAs in ovine milk somatic cells at day 50 of lactation. XVII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España. pp. 438-440.
- Szucs, J. P., A. Suli, Halasz T., Arany A., Bodor Z. 2013. Effect of live yeast culture *Saccharomyces cerevisiae* on milk production and some blood parameters. Animal Science Biotechnologies. 46 (1): 40-44.
- Toledo, L. J. D., 2013. Factores que afectan a la producción, a la composición y los parámetros tecnológicos de la oveja Merina de Grazalema. Tesis doctoral. Departamento de Producción Animal Córdoba, España. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10396/12101>. Consultado el:25/06/18.

- Toral, P. G., Bernard, L., Delavaud, C., Gruffat, D., Leroux, C., and Chilliard, Y. 2013. Effects of fish oil and additional starch on tissue fatty acid profile and lipogenic gene mRNA abundance in lactating goats fed a diet containing sunflower-seed oil. *Animal* 7: 948-956.
- Toral P. G., Hervás, G., Frutos, P. 2015. Reductions in milk $\Delta 9$ -desaturation ratios to oral dosing of cobalt-acetate are accompanied by the downregulation of SCD1 in lactating ewes. *Journal of Dairy Science*. 98: 1961-1971.
- Toral, P. G., Hervás, G., Carreño, D., Belenguer, A., Frutos, P., 2015. Comparison of milk fatty acid responses during fish oil-and trans-10 cis-12 18: 2-induced milk fat depression in dairy ewes. *Animal Feed Science and Technology*. 210: 66-73.
- Toral, P. G., Hervás, G., Carreño, D., Frutos, P. 2016. Does supplemental 18:0 alleviate fish oil-induced milk fat depression in dairy ewes? *Journal of Dairy Science*. 99(2): 1133-1144.
- Toral, P. G., Hervás, G., Carreño, D., Leskinen, H., Belenguer, A., Shingfield, K. J., & Frutos, P. 2017. Efecto del dha sobre la biohidrogenación ruminal *in vitro* de ácidos grasos de 18 carbonos: comparación en vacas y ovejas. *Book of Abstracts, AIDA (2017), XVII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España*. 5: 30-31.

- Travieso, M. D. C., Higuera, C. S., Álvarez, I. M., Reyes, A. D., García, M. J. R. 2014. Empleo de probióticos En la alimentación de rumiantes. *Ganadería*. (93): 42-49.
- Trejo, G.E. 2009 Leche ovina, el negocio en México. Disponible en: *El economista*. México. Consultado el: 27/02/17.
- Valderrama, L. Z. 2008. Estudio del contenido de oligosacáridos, glicolípidos y fosfolípidos de la leche de oveja. Participación en la defensa del recién nacido frente a infecciones (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca). [archivo PDF]. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=75354>. Consultado el: 11/03/17
- Valdés, V., Pérez, A., 2015. Fisiología de la glándula mamaria y lactancia. UNICEF Chile [archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.unicef.cl/lactancia/docs/mod02/fisiologia%20de%20la%20glandula%20mamaria%20y%20lactancia.pdf>. Consultado el: 27/02/17.
- Vieyra-Alberto, R., Arriaga-Jordán, C. M., Domínguez-Vara, I. A., Bórquez-Gastelum, J. L., & Morales-Almaráz, E. 2017. Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccenico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia*. 51(3): 299-313.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., Dewhurst, R. J. 2006. Factors affecting odd-and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 131(3-4): 389-417.

- Xiao, J. X., Alugongo, G. M., Chung, R., Dong, S. Z., Li, S. L., Yoon, I., Cao, Z. J. 2016. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on dairy calves: Ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community. *Journal of Dairy Science*. 99(7): 5401-5412.
- Yabrir B., Hakem A., Matib A. 2013. Factors affecting milk composition of Algerian ewe reared in central steppe area. *Scientific Journal of Animal. Science*. 2(8): 215-221.
- Yalcin, S., Yalcin, S., Can, P., Gurdal, A. O., Bagci, C., Eltan, O. 2011. The nutritive value of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on milk yield, milk composition and some blood parameters of dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 24(10):1377-1385.
- Zicarelli, F., Addi, L., Tudisco, R., Calabrò, S., Lombardi, P., Cutrignelli, M. I. 2016. The influence of diet supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* or *Saccharomyces cerevisiae* plus *Aspergillus oryzae* on milk yield of Cilentana grazing dairy goats. *Small Ruminant Research*. 135 (Supplement C): 90-94.

ANEXOS

Anexo 1. Perfil de ácidos grasos saturados y monoinsaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Ácido graso/ Periodo [€]	Tratamientos (g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [£]		
	0	3	6	9		Trat	Pe	Trat x Pe
Caproico								
P1	0.59	1.07	0.48	1.01	0.22	ns	ns	ns
P2	0.77	0.70	0.48	1.10				
P3	0.73	1.06	1.75	1.12				
Caprílico								
P1	0.82	1.17	0.77	0.70	0.22	ns	ns	ns
P2	0.66	0.90	0.77	0.71				
P3	0.70	0.93	1.47	0.74				
Mirístico								
P1	10.95	11.18	11.13	10.49	0.85	ns	ns	ns
P2	10.47	9.89	11.13	10.37				
P3	9.54	9.42	10.17	9.79				
Pentadecanoico								
P1	1.65	1.48	1.42	1.49	0.09	ns	ns	ns
P2	1.40	1.36	1.33	1.55				
P3	1.35	1.40	1.33	1.22				
Palmítico								
P1	29.32	28.23	30.64	31.66	1.57	ns	ns	ns
P2	30.02	28.02	29.36	30.90				
P3	31.99	28.33	29.36	29.8				
Eládico								
P1	3.49	3.12	3.77	3.01	0.41	ns	ns	ns
P2	3.74	3.51	3.77	3.35				
P3	3.02	3.23	3.04	3.28				
Araquídico								
P1	0.49	0.58	0.48	0.57	0.13	ns	ns	ns
P2	0.65	0.83	0.4	0.53				
P3	0.58	0.58	0.40	0.76				

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc1026, Alltech.). EEM: Error estándar de la

media. [¢]P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (ns: no significativo).

Anexo 2. Perfil de ácidos grasos insaturados (% de metil ésteres de ácidos grasos) de la leche de ovejas suplementadas con diferentes niveles de *Saccharomyces cerevisiae* en un sistema de producción orgánico

Ácido graso/ Periodo [€]	Tratamientos (g animal ⁻¹ d ⁻¹ de Sc) [£]				EEM	P [¢]		
	0	3	6	9		Trat	Pe	TratxPe
Linoleico								
P1	1.44	1.48	1.54	1.41	0.13	ns	ns	ns
P2	1.47	1.61	1.75	1.51				
P3	1.52	1.67	1.75	1.53				
Eicosanoico								
P1	0.69	0.68	0.66	0.65	0.36	ns	ns	ns
P2	0.69	0.72	0.77	0.65				
P3	0.66	0.75	0.77	0.81				
Linolénico								
P1	1.02	0.79	0.98	0.82	0.15	ns	ns	ns
P2	0.97	0.98	1.21	0.87				
P3	0.94	1.12	1.21	0.95				
CLA								
P1	0.00	0.82	0.73	0.96	-	-	-	-
P2	0.00	0.89	1.03	0.96				
P3	0.65	1.05	1.20	1.32				

[€]Periodos de muestreo, P1= día 3 al 5, P2= día 23 al 25 y P3= día 43 al 45. [£]Sc: *Saccharomyces cerevisiae* (Yea Sacc1026, Alltech). EEM: Error estándar de la media. [¢]P: Valor de p para Trat (Tratamiento), Pe (Periodo) e interacción Tratamiento x Periodo (ns: no significativo).